

22

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation 7 : C08F 4/02, 10/00, B01J 37/02		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/05277
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Februar 2000 (03.02.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04906		(74) Anwalt: STARK, Vera; BASF Aktiengesellschaft, D-67056 Ludwigshafen (DE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 13. Juli 1999 (13.07.99)		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AU, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, GE, HR, HU, ID, IL, IN, JP, KR, KZ, LT, LV, MK, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SG, SI, SK, TR, UA, US, ZA, eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 198 33 170.3 23. Juli 1998 (23.07.98) DE		(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): TARGOR GMBH [DE/DE]; D-55116 Mainz (DE).	
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): FISCHER, David [DE/DE]; Am Petzenberg 2, D-67725 Breunigweiler (DE). BIDELL, Wolfgang [DE/DE]; Dahlienstrasse 19, D-67112 Mutterstadt (DE). MOLL, Ulrich [DE/FR]; Chemin des Oullières, F-13410 Lambesc (FR). RÖSCH, Joachim [DE/DE]; Friesenstrasse 16, D-67063 Ludwigshafen (DE). LANGHAUSER, Franz [DE/DE]; Haagweg 18, D-67152 Ruppertsberg (DE). HINGMANN, Roland [DE/DE]; Stahlbühlring 54, D-68526 Ladenburg (DE). GREGORIUS, Heike [DE/DE]; Oberstrasse 31a, D-56288 Bubach (DE). SÜLING, Carsten [DE/DE]; Albrecht-Dürer-Ring 20c, D-67227 Frankenthal (DE). SCHWEIER, Günther [DE/DE]; Friedrich-Pietzsch-Strasse 14, D-67159 Friedelsheim (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SUPPORTED CATALYST WHICH CONTAINS METAL, OR A SUPPORTED CATALYST CONSTITUENT BY IMPREGNATING A SUPPORTING MATERIAL			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES METALLHALTIGEN TRÄGERKATALYSATORS ODER EINER TRÄGERKATALYSATORKOMPONENTE DURCH TRÄNKUNG EINER TRÄGERSUBSTANZ			
(57) Abstract			
The invention relates to a method for producing a supported catalyst which contains metal, or a supported catalyst constituent which contains metal by impregnating a supporting material with an impregnating solution containing the metal constituent, whereby the impregnating solution flows through the supporting material.			
(57) Zusammenfassung			
Verfahren zur Herstellung eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer metallhaltigen Trägerkatalysatorkomponente durch Tränkung einer Trägersubstanz mit einer Tränklösung, die die Metallkomponente enthält, wobei die Tränklösung die Trägersubstanz durchströmt.			

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun			PT	Portugal		
CN	China	KR	Republik Korea	RO	Rumänien		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SG	Singapur		
EE	Eestland	LR	Liberia				

Verfahren zur Herstellung eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer Trägerkatalysatorkomponente durch Tränkung einer Trägersubstanz

5

Beschreibung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer 10 Trägerkatalysatorkomponente durch Tränkung einer Trägersubstanz.

Weiterhin ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein metallhaltiger Trägerkatalysator oder eine metallhaltige Trägerkatalysatorkomponente, erhältlich nach diesem Verfahren, ein Verfahren 15 zur Herstellung von Polymeren, welchen Monomeren mit C-C-Doppel- und/oder C-C-Dreifachbindung zugrunde liegen, sowie die Verwendung des metallhaltigen Katalysators zur Knüpfung von Kohlenstoff-Kohlenstoff oder Kohlenstoff-Heteroatom-Kovalenzbindungen.

20

Trägerkatalysatoren sind bekannt und finden in weiten Bereichen der Technik ihre Anwendung. Beispielsweise werden sie in Verfahren zur Herstellung niedermolekularer organischer Chemikalien und Zwischenprodukte eingesetzt.

25

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet von metallhaltigen Trägerkatalysatoren ist die Herstellung von Polymeren insbesondere Polyolefinen und Styrolpolymeren. Vorzugsweise wird hierbei in der Gasphase oder in Suspension polymerisiert. Die

30 verwendeten Katalysatoren sind beispielsweise Ziegler-Katalysatoren oder Metallocenkatalysatoren. Als Metallocenkatalysatoren werden im folgenden solche verstanden, welche einen Metallkomplex, vorzugsweise Übergangsmetallkomplex enthalten, der mindestens einen Liganden trägt, welcher wiederum eine Cyclopentadienyltyp-Struktureinheit enthält. Beispiele für solche verbrückten und unverbrückten Liganden sind substituierte und unsubstituierte Cyclopentadienylliganden, substituierte und unsubstituierten Indenylliganden oder substituierte oder unsubstituierte Fluorenylliganden. Metallkomplexe mit derartigen 35 Liganden sind bekannt und beispielsweise in J. Macromol Sci - Rev. Macromol Chem. Phys., C34, Seite 439 - 514 (1994) beschrieben.

40 45 Verfahren zur Herstellung von metallhaltigen Trägerkatalysatoren sind bekannt. Hierbei wird angestrebt, daß

- a) alle Trägerpartikel mit dem Übergangsmetall beladen werden,
daß
- b) innerhalb der beladenen Trägerpartikel keine Konzentrations-
unterschiede der Metallkomponente auftreten und
- c) daß alle Partikel die gleiche Konzentration an Metall-
komponente haben (mg Metall/Menge Partikel).

10 Nach derzeitigem Kenntnisstand sollte ein solcher Idealkatalysator beispielsweise für die Olefinpolymerisation gut geeignet sein, da er unter anderem kein Zusammensintern der Polymerisationskörner im Reaktor (Brockenbildung) und keine Überhitzung der Katalysatorpartikel mit dadurch bedingter Desaktivierung des
15 Katalysators aufweist.

Nach einer bekannten Methode können beispielsweise Metallocen-Trägerkatalysatoren durch Zusammenfügen einer metallocenhaltigen Lösung mit der Trägersubstanz, Rühren der Suspension und Entfernen des Lösungsmittels bei Unterdruck erhalten werden (WO-A 94/28034). Das Lösungsvolumen der Tränklösung ist hier viel größer als das Porenvolume der un behandelten Trägersubstanz, so daß eine gut rührbare Suspension entsteht. Mit diesem Verfahren kann wohl die Metallocenkomponente vollständig auf den Träger
25 aufgebracht werden, jedoch führt der Katalysator, besonders bei hoher Beladung, im Polymerisationsprozeß zu Schwierigkeiten, wie Brockenbildung.

In einem weiteren Trägerungsverfahren für Metallocenkatalysatoren
30 wird die Metallocentränklösung mit der Trägersubstanz vereinigt, wobei das Volumen der Tränklösung höchstens so groß ist wie das Porenvolume der Trägersubstanz. Hierbei entsteht eine pastöse Masse von der das Lösungsmittel entfernt wird (WO-A 94/14856). Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, daß die Beladung der Träger-
35 substanz mit schwer löslichen Metallocenen, bedingt durch die kleine Lösungsmittelmenge, unbefriedigend ist, die Produktivität des Katalysators gering und die Wirtschaftlichkeit des Polymerisationsverfahrens noch unbefriedigend ist.

40 In einer dritten Trägerungsmethode wird das Metallocen, welches in einem guten Lösungsmittel gelöst ist mit einem schlechten Lösungsmittel in Gegenwart der Trägersubstanz auf deren Oberfläche und in deren Poren ausgefällt (EP-A 0 295 312, WO 98/01481). Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, daß man große Mengen Fällungslösungsmittel (Nichtlöser) braucht, um die Metallocenkomponente auf und in der Trägersubstanz abzuscheiden. Zur Herstellung von Katalysatoren ist man in der Praxis darauf

angewiesen die Nichtlöser-Menge zu beschränken, dadurch wertvolle Metallocenkomponente in Lösung zu belassen und daher für die Trägerung zu verlieren. Dieses Verfahren ist bezüglich der Raum-Zeit-Ausbeute an Katalysator und Wirtschaftlichkeit unbefriedigend.

5

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde ein wirtschaftlicheres Verfahren zur Herstellung von metallhaltigen Trägerkatalysatoren, insbesondere Metallocenkatalysatoren zur 10 Verfügung zu stellen welches hohe Raum-Zeit-Ausbeuten hat. Das Verfahren sollte universell verwendbar sein, das heißt sehr unterschiedlich lösliche Metallocenkomplexe, insbesondere schlechter lösliche Metallocenkomplexe, sollten noch zu einer hohen Beladung des Trägerkatalysators führen. Weiterhin sollte 15 der Katalysator, insbesondere der Metallocenkatalysator, die Metallkomponente in einer derartigen Verteilung über das Volumen der Trägerpartikel enthalten, daß er hohe Katalysatorproduktivitäten (g Polymer/ g Katalysatorfeststoff) bei guter Polymerisationsmorphologie liefert (praktisch keine Brocken- und Feinststaubbildung). Weiterhin sollte ein verbesserter Katalysator, sowie verbesserte Polymerisationsverfahren und Syntheseverfahren für niedermolekulare organische Verbindungen unter Verwendung des verbesserten Katalysators zur Verfügung gestellt werden.

25 Demgemäß wurde ein Verfahren zur Herstellung eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer metallhaltigen Trägerkatalysator-Komponente durch Tränkung einer Trägersubstanz mit einer Tränklösung, die die Metallkomponente enthält, dadurch gekennzeichnet, daß die Tränklösung die Trägersubstanz durchströmt gefunden, ein 30 metallhaltiger Trägerkatalysator, erhältlich nach diesem Verfahren, ein Verfahren zur Herstellung von Polymeren, welchen Monomeren mit C-C-Doppelbindung und/oder C-C-Dreifachbindung zugrunde liegen, durch Polymerisation dieser Monomeren in Gegenwart eines metallhaltigen Trägerkatalysators, der erhältlich ist nach dem 35 erfindungsgemäß Verfahren und die Verwendung eines metallhaltigen Trägerkatalysators, der erhältlich ist nach dem erfindungsgemäß Verfahren zur Knüpfung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Kovalenzbindungen oder Kohlenstoff-Heteroatom-Kovalenzbindungen gefunden.

40

Als Metallkomponente des erfindungsgemäß Verfahrens oder Katalysators kommen generell alle Hauptgruppen- oder Übergangsmetallverbindungen in Frage, welche in organischen Lösungsmitteln oder Wasser oder deren Gemisch praktisch vollständig löslich oder/und 45 fein dispergierbar sind.

4

Gut geeignete Hauptgruppenmetallverbindungen sind beispielsweise Halogenide, Sulfate, Nitrate C₁-C₁₀-Alkyle, C₆-C₂₀-Aryle, C₁-C₁₀-Alkoxide, C₆-C₂₀-Aryloxide von Metallen oder Halbmetallen der 1. bis 5. Hauptgruppe des Periodensystems.

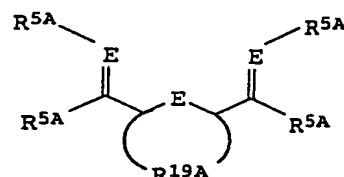
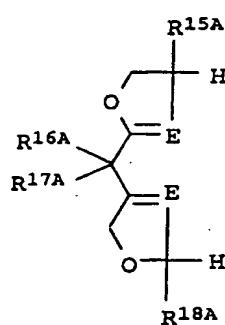
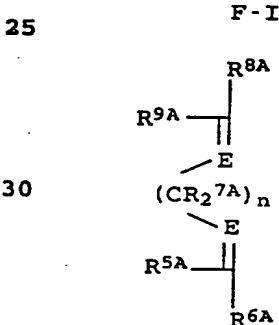
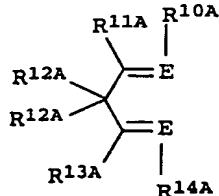
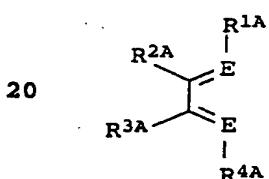
5

Gut geeignete Übergangsmetallverbindungen sind beispielsweise Halogenide, Sulfate, Nitrate C₁-C₁₀-Alkyle, C₆-C₂₀-Aryle, C₁-C₁₀-Alkoxide, C₆-C₂₀-Aryloxide der Übergangsmetalle.

10 Vorzugsweise verwendet man Organoübergangsmetallverbindungen wie Verbindungen A) als Metallkomponente.

Gut geeignete Übergangsmetallverbindungen A) sind zum Beispiel Übergangsmetallkomplexe mit einem Liganden der allgemeinen

15 Formeln F-I bis F-IV



35

F-II

F-IV

F-V

40 wobei das Übergangsmetall ausgewählt ist aus den Elementen Ti, Zr, Hf, Sc, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Fe, Co, Ni, Pd, Pt oder ein Element der Seltenerd-Metalle. Bevorzugt sind hierbei Verbindungen mit Nickel, Eisen, Kobalt und Palladium als Zentralmetall.

45

5

E ist ein Element der Gruppe 15 des Periodensystems der Elemente (5. Hauptgruppe), bevorzugt N oder P, wobei N besonders bevorzugt ist. Die beiden Atome E in einem Molekül können dabei gleich oder verschieden sein.

5.

Die Reste R^{1A} bis R^{19A}, die gleich oder verschieden sein können, stehen dabei für folgende Gruppen:

10 R^{1A} und R^{4A}: unabhängig voneinander für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, bevorzugt sind dabei Kohlenwasserstoffreste bei denen das dem Element E benachbarte Kohlenstoffatom mindestens mit zwei Kohlenstoffatomen verbunden ist.

15 R^{2A} und R^{3A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, R^{2A} und R^{3A} können auch zusammen ein Ringsystem bilden in dem auch ein oder mehrere Heteroatome vorhanden sein können.

20 R^{6A}: für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

25 R^{5A}: für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

25 R^{6A} und R^{5A}: können auch zusammen ein Ringsystem bilden.

25 R^{8A}: für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

30 R^{9A}: für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

30 R^{8A} und R^{9A}: können auch zusammen ein Ringsystem bilden.

30 R^{7A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, zwei R^{7A} können auch zusammen ein Ringsystem bilden. n ist eine ganze Zahl zwischen 1 und 4 bevorzugt 2 oder 3.

35 R^{10A} und R^{14A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste

40 R^{11A}, R^{12A} und R^{13A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, hierbei können auch zwei oder mehr Reste R^{11A}, R^{12A} und R^{13A} zusammen ein Ringsystem bilden.

45 R^{15A} und R^{18A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste

6

R^{16A} und R^{17A}: unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoffreste oder substituierte Kohlenwasser-

R^{19A}: ein organischer Rest, der ein 5- bis 5
7-gliedriges substituiertes oder unsubstituiertes, insbesondere ungesättigtes oder aromatisches heterocyclisches Ringsystem bilden kann.

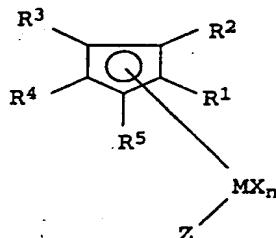
Besonders geeignete Verbindungen F-I bis F-IV sind z.B.:

- 10 Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlorid
-
- Di(di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid
- Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-dimethyl-diazabutadien-palladium-dime-15 thy1
- Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dime-thyl
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlorid
- 20 Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid
-
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-di-methyl
- 25 Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dime-thyl
- Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlo-rid
- Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid
- 30 Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl
- Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dimethyl
- Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlorid
- Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid
- Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl
- 35 Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dimethyl
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphten-palladium-dichlorid
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphten-nickel-dichlorid
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphten-palladium-dimethyl
- Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphten-nickel-dimethyl
- 40 1,1'-Dipyridyl-palladium-dichlorid
- 1,1'-Dipyridyl-nickel-dichlorid
- 1,1'-Dipyridyl-palladium-dimethyl
- 1,1'-Dipyridyl-nickel-dimethyl

Besonders geeignete Verbindungen F-V sind solche, die in J. Am. Chem. Soc. 120, S. 4049 ff. (1998), J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1998, 849 beschrieben sind.

5 Besonders gut geeignete Übergangsmetallverbindungen A) sind weiterhin solche mit mindestens einem Cyclopentadienyltyp-Liganden, die gemeinhin als Metallocenkomplexe (zwei und mehr Cyclopentadienyltyp-Liganden) oder Halbsandwich-Komplexe (ein Cyclopentadienyltyp-Ligand) bezeichnet werden. Hierbei eignen sich besonders solche der allgemeinen Formel I,

15



I

20

in der die Substituenten folgende Bedeutung haben:

M

Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob oder Tantal, sowie Elemente der III. Nebengruppe des Periodensystems und der Lanthanoiden,

25

X

Fluor, Chlor, Brom, Iod, Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest, -OR⁶ oder -NR⁶R⁷,

30

n

eine ganze Zahl zwischen 1 und 3, wobei n der Wertigkeit von M minus der Zahl 2 entspricht,

35 wobei

R⁶ und R⁷

C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Fluoralkyl oder Fluoraryl mit jeweils 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest bedeuten,

40

R¹ bis R⁵

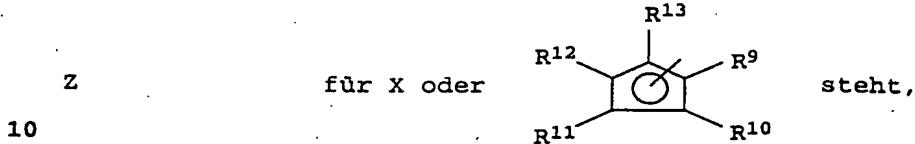
Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits ein C₁- bis C₁₀-Alkyl als Substituent tragen kann, C₆- bis C₁₅-Aryl oder Arylalkyl, wobei gegebenenfalls auch zwei benachbarnte Reste gemeinsam für 4 bis 15 C-Atome aufweisende

45

8

gesättigte oder ungesättigte cyclische Gruppen stehen können oder $\text{Si}(\text{R}^8)_3$ mit

R⁸ C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl oder
5 C₆- bis C₁₅-Aryl,

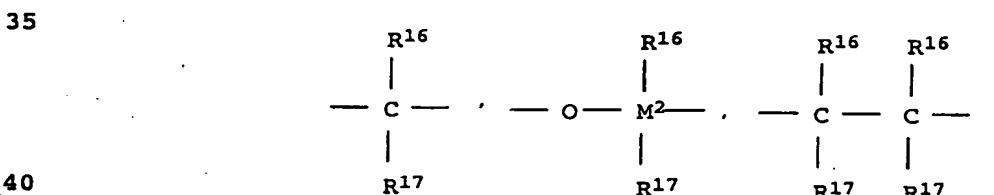
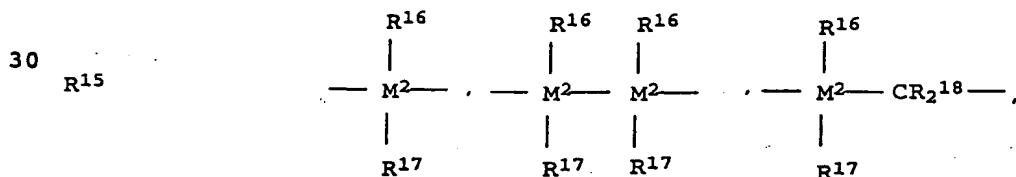


wobei die Reste

R⁹ bis R¹³ Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl,
 15 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits
 ein C₁- bis C₁₀-Alkyl als Substituent tragen
 kann, C₆- bis C₁₅-Aryl oder Arylalkyl bedeuten
 und wobei gegebenenfalls auch zwei benachbarte
 Reste gemeinsam für 4 bis 15 C-Atome aufweisende
 20 gesättigte oder ungesättigte cyclische Gruppen
 stehen können, oder Si(R¹⁴)₃ mit

R¹⁴ C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl oder
C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl,

25 oder wobei die Reste R^4 und Z gemeinsam eine Gruppierung -R15-A- bilden, in der



= BR¹⁶, = AlR¹⁶, -Ge-, -Sn-, -O-, -S-, = SO, = SO₂, = NR¹⁶,
= CO, = PR¹⁶ oder = P(O)R¹⁶ ist.

45 wobei

9

R¹⁶, R¹⁷ und R¹⁸ gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C₁-C₁₀-Alkylgruppe, eine C₁-C₁₀-Fluoralkylgruppe, eine C₆-C₁₀-Fluorarylgruppe, eine C₆-C₁₀-Arylgruppe, eine C₁-C₁₀-Alkoxygruppe, eine C₂-C₁₀-Alkenylgruppe, eine C₇-C₄₀-Arylalkylgruppe, eine C₈-C₄₀-Arylalkenylgruppe oder eine C₇-C₄₀-Alkylarylgruppe bedeuten oder wobei zwei benachbarte Reste jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden, und

10

M²

Silicium, Germanium oder Zinn ist,

15 A

— O —, — S —, > NR¹⁹ oder > PR¹⁹ bedeuten,

mit

20

R¹⁹ C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl,
C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl, Alkylaryl oder Si(R²⁰)₃,

25

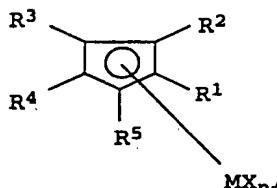
R²⁰ Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, das seinerseits mit C₁- bis C₄-Alkylgruppen substituiert sein kann oder C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl

25

oder wobei die Reste R⁴ und R¹² gemeinsam eine Gruppierung -R¹⁵⁻ bilden.

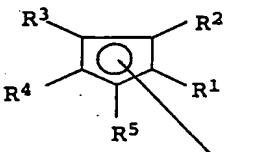
30

Von den Metallocenkomplexen der allgemeinen Formel I sind



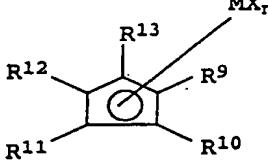
Ia,

35

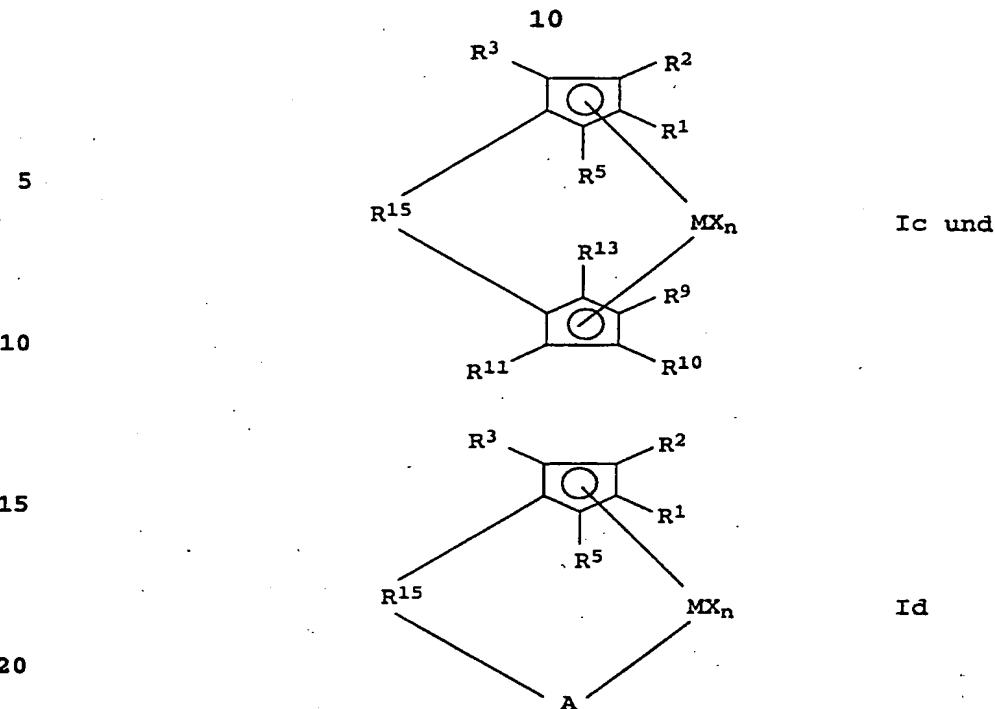


Ib,

40



45



bevorzugt.

25 Die Reste X können gleich oder verschieden sein, bevorzugt sind sie gleich.

Von den Verbindungen der Formel Ia sind insbesondere diejenigen bevorzugt, in denen

30

M Titan, Zirkonium oder Hafnium,

X Chlor, C₁-bis C₄-Alkyl oder Phenyl,

35 n die Zahl 2 und

R¹ bis R⁵ Wasserstoff oder C₁- bis C₄-Alkyl bedeuten.

Von den Verbindungen der Formel Ib sind als bevorzugt diejenigen 40 zu nennen, bei denen

M für Titan, Zirkonium oder Hafnium steht,

X Chlor, C₁-bis C₄-Alkyl oder Phenyl,

45 n die Zahl 2,

11

R¹ bis R⁵ Wasserstoff, C₁- bis C₄-Alkyl oder Si(R⁸)₃,

R⁹ bis R¹³ Wasserstoff, C₁- bis C₄-Alkyl oder Si(R¹⁴)₃, bedeuten.

5

Insbesondere sind die Verbindungen der Formel Ib geeignet, in denen die Cyclopentadienylreste gleich sind.

Beispiele für besonders geeignete Verbindungen sind u.a.:

10 Bis(cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid,
 Bis(pentamethylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Bis(methylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Bis(ethylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Bis(n-butylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid und
 15 Bis(trimethylsilylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid sowie die entsprechenden Dimethylzirkoniumverbindungen.

Von den Verbindungen der Formel Ic sind diejenigen besonders geeignet, in denen

20

R¹ und R⁹ gleich sind und für Wasserstoff oder C₁- bis C₁₀-Alkylgruppen stehen,

R⁵ und R¹³ gleich sind und für Wasserstoff, eine Methyl-, Ethyl-, iso-Propyl- oder tert.-Butylgruppe stehen,

R², R³, R¹⁰ und R¹¹ die Bedeutung

R³ und R¹¹ C₁- bis C₄-Alkyl

30 R² und R¹⁰ Wasserstoff haben oder zwei benachbarte Reste R² und R³ sowie R¹⁰ und R¹¹ gemeinsam für 4 bis 20 C-Atome aufweisende cyclische Gruppen stehen,

35

R¹⁵ für — M² — oder — C — C — steht,

40

R¹⁶
|
R¹⁷

R¹⁶
|
R¹⁷

R¹⁶
|
R¹⁷

M für Titan, Zirkonium oder Hafnium und

M² für Silicium

45

X für Chlor, C₁- bis C₄-Alkyl oder Phenyl stehen.

12

Beispiele für besonders geeignete Komplexverbindungen Ic sind u.a.

Dimethylsilandiylbis(cyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(indenyl)-zirkoniumdichlorid,
 5 Dimethylsilandiylbis(tetrahydroindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Ethylenbis(cyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Ethylenbis(indenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Ethylenbis(tetrahydroindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Tetramethylethylen-9-fluorenylcyclopentadienylzirkoniumdichlorid,
 10 Dimethylsilandiylbis(-3-tert.butyl-5-methylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-3-tert.butyl-5-ethylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-methylindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 15 Dimethylsilandiylbis(-2-isopropylindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-tert.butylindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Diethylsilandiylbis(-2-methylindenyl)-zirkoniumdibromid,
 Dimethylsilandiylbis(-3-methyl-5-methylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 20 Dimethylsilandiylbis(-3-ethyl-5-isopropylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-ethylindenyl)-zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-methylbenzindenyl)-zirkoniumdichlorid
 Dimethylsilandiylbis(2-ethylbenzindenyl)zirkoniumdichlorid,
 25 Methylphenylsilandiylbis(2-ethylbenzindenyl)zirkoniumdichlorid,
 Methylphenylsilandiylbis(2-methylbenzindenyl)zirkoniumdichlorid,
 Diphenylsilandiylbis(2-methylbenzindenyl)zirkoniumdichlorid,
 Diphenylsilandiylbis(2-ethylbenzindenyl)zirkoniumdichlorid, und
 Diphenylsilandiylbis(-2-methylindenyl)-hafniumdichlorid
 30 sowie die entsprechenden Dimethylzirkoniumverbindungen.

Weitere Beispiele für geeignete Komplexverbindungen Ic sind u.a.

Dimethylsilandiylbis(-2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid,
 35 Dimethylsilandiylbis(-2-methyl-4-[1-naphthylindenyl])zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-methyl-4-isopropylindenyl)zirkoniumdichlorid,
 Dimethylsilandiylbis(-2-methyl-4,6-diisopropylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis-(2-ethyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis-(2-methyl-4-(para-4-butyl)-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid, sowie die entsprechenden Dimethylzirkoniumverbindungen.
 40
 45 Bei den Verbindungen der allgemeinen Formel Id sind als besonders geeignet diejenigen zu nennen, in denen

13

M für Titan oder Zirkonium,

X für Chlor, C₁-bis C₄-Alkyl oder Phenyl stehen.

A für — O — , — S — , NR¹⁹

15 und

R¹ bis R³ und R⁵ für Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl oder Si(R⁸)₃ stehen, oder wobei zwei benachbarte Reste für 4 bis 12 C-Atome aufweisende cyclische Gruppen stehen.

Die Synthese derartiger Komplexverbindungen kann nach an sich bekannten Methoden erfolgen, wobei die Umsetzung der 25 entsprechend substituierten, cyclischen Kohlenwasserstoffanionen mit Halogeniden von Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob oder Tantal, bevorzugt ist.

Beispiele für entsprechende Herstellungsverfahren sind u.a. im Journal of Organometallic Chemistry, 369 (1989), 359-370 beschrieben.

Es können auch Mischungen verschiedener Metallkomplexe A), insbesondere verschiedener Metallocenkomplexe eingesetzt werden.

35

Die Tränklösung wird in der Regel durch Lösen oder Suspendieren der Metallkomponente, vorzugsweise der Übergangsmetallkomponente, insbesondere der Metallocenkomplexverbindung I und gegebenenfalls anderen Zusatzstoffen, wie Cokatalysatoren, mit Wasser oder
40 vorzugsweise organischen Lösungsmitteln hergestellt. Der Fachmann weiß, welche Metallkomponente er mit Wasser und welche er mit organischen Lösungsmitteln kombinieren kann.

Als organische Lösungsmittel kommen alle diejenigen in Frage in welchen die Metallkomponente praktisch vollständig oder zumindest zu 80 Gew.-% löslich ist. Gut geeignete Lösungsmittel sind beispielsweise lineare oder cyclische gesättigte, ungesättigte

14

oder vorzugsweise aromatische Kohlenwasserstoffe, C₁- bis C₂₀-Halogenkohlenwasserstoffe, C₂- bis C₂₀-Ether, C₁- bis C₂₀-Alkohole oder C₂- bis C₂₀-Nitrile.

5 Gut geeignete aromatische Lösungsmittel sind C₆- bis C₂₀-Aromaten, wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, o-, m- p-Xylool, die auch teilweise oder vollständig, beispielsweise mit Halogenatomen oder Alkylresten substituiert sein können.

10 Weiterhin sind gut geeignet C₅- bis C₂₀-aliphatische oder alicyclische Kohlenwasserstoffe wie Pentan, n-Hexan, n-Heptan, iso-Do-decan.

Beispiele für geeignete C₂- bis C₂₀-Ether sind Diethylether, Di-15 tert-butylether, Diphenylether, 1,4-Dioxan und THF. Beispiele für gut geeignete C₁- bis C₂₀-Alkohole sind Methanol, Ethanol, n-Butanol, Isopropanol, t-Butanol und Phenol.

Es können auch Mischungen der organischen Lösungsmittel verwendet 20 werden.

Die Tränklösung kann außer dem Lösungsmittel die Metallkomponente als einzige wesentliche Komponente enthalten oder aber die Metallkomponente und gegebenenfalls einen oder mehrere Zusätz-25 stoffe, wie metalloceniumionenbildende Verbindungen B) und/oder Organometallverbindungen C).

Die Tränklösung kann eine oder mehrere unterschiedliche Metall-30 komponenten A), vorzugsweise Metallocenkomplexe I, enthalten.

Im Falle der Übergangsmetallverbindungen A), vorzugsweise der Organoübergangsmetallverbindungen A), insbesondere im Falle der Metallocenkomplexe I enthält die Tränklösung vorzugsweise noch metalloceniumionenbildende Verbindungen B) und/oder Organometall-35 verbindungen C) als Zusatzstoffe.

Die metalloceniumionenbildenden Verbindungen B) sind in der Regel neutrale Lewissäuren, ionische Verbindungen mit starken lewis-sauren Kationen oder Brönsted-Säuren als Kation, sowie Alumoxane.

40 Starke, neutrale Lewissäuren als Komponente B) sind Verbindungen der allgemeinen Formel II



II

45 in der

15

M³ ein Element der III. Hauptgruppe des Periodensystems bedeutet, insbesondere B, Al oder Ga, vorzugsweise B,

X¹, X² und X³

5 für Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl oder Halogenaryl mit jeweils 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atome im Arylrest oder Fluor, Chlor, Brom oder Jod stehen, insbesondere für Halogenaryle, vorzugsweise für Pentafluorphenyl.

10

Besonders bevorzugt sind Verbindungen der allgemeinen Formel II, in der X¹, X² und X³ gleich sind, vorzugsweise Tris(pentafluorphenyl)boran.

15 Ionische Verbindungen als Komponente B) mit starken lewissauren Kationen sind Verbindungen der allgemeinen Formel III



III

20 in denen

Y ein Element der I. bis VI. Hauptgruppe oder der I. bis VIII. Nebengruppe des Periodensystems bedeutet,

25

Q₁ bis Q_z für einfach negativ geladene Reste wie C₁- bis C₂₈-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl, Halogenaryl mit jeweils

30 6 bis 20 C-Atomen im Aryl- und 1 bis 28 C-Atome im Alkylrest, C₃- bis C₁₀-Cycloalkyl, welches gegebenenfalls mit C₁- bis C₁₀-Alkylgruppen substituiert sein kann, Halogen, C₁- bis C₂₈-Alkoxy, C₆- bis C₁₅-Aryloxy, Silyl- oder Mercaptylgruppen

35 a

für ganze Zahlen von 1 bis 6 und

z

für ganze Zahlen von 0 bis 5 steht,

d

40 der Differenz a-z entspricht, wobei d jedoch größer oder gleich 1 ist.

Besonders geeignet sind Carboniumkationen, Oxoniumkationen und Sulfoniumkationen sowie kationische Übergangsmetallkomplexe.

45 Insbesondere sind das Triphenylmethylkation, das Silberkation und das 1,1'-Dimethylferrocenylkation zu nennen. Bevorzugt besitzen sie nicht koordinierende Gegenionen, insbesondere Borverbindun-

16

gen, wie sie auch in der WO 91/09882 genannt werden, bevorzugt Tetrakis(pentafluorophenyl)borat.

Ionische Verbindungen als Komponente B) mit Brönsted-Säuren als 5 Kationen und vorzugsweise ebenfalls nicht koordinierende Gegenionen sind in der WO 91/09882 genannt, bevorzugtes Kation ist das N,N-Dimethylanilinium.

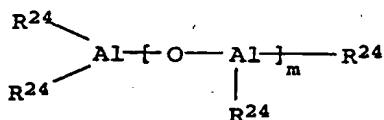
Die Menge an metalloceniumionenbildende Verbindung beträgt bevor-10 zugt 0,1 bis 10 Äquivalente, bezogen auf die Übergangsmetallkomponente A)

Die Komponente B) kann auch ein Aluminoxan sein oder dieses enthalten.

15

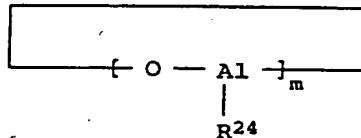
Besonders geeignet als kationenbildende Verbindung B) sind offenkettige oder cyclische Alumoxanverbindungen der allgemeinen Formel V oder VI

20



V

25



VI

30 wobei R²⁴

eine C₁- bis C₄-Alkylgruppe bedeutet, bevorzugt eine Methyl- oder Ethylgruppe und m für eine ganze Zahl von 5 bis 30, bevorzugt 10 bis 25 steht.

35 Die Herstellung dieser oligomeren Alumoxanverbindungen erfolgt üblicherweise durch Umsetzung einer Lösung von Trialkylaluminium mit Wasser und ist u.a. in der EP-A 284 708 und der US A 4,794,096 beschrieben.

40 In der Regel liegen die dabei erhaltenen oligomeren Alumoxanverbindungen als Gemische unterschiedlich langer, sowohl linearer als auch cyclischer Kettenmoleküle vor, so daß m als Mittelwert anzusehen ist. Die Alumoxanverbindungen können auch im Gemisch mit anderen Metallalkylen, bevorzugt mit Aluminiumalkylen 45 vorliegen.

17

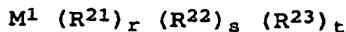
Weiterhin können als Komponente B) Aryloxyalumoxane, wie in der US-A 5,391,793 beschrieben, Aminoalumininoxane, wie in der US-A 5,371,260 beschrieben, Aminoalumininoxanhydrochloride, wie in der EP-A 633 264 beschrieben, Siloxyalumininoxane, wie in der 5 EP-A 621 279 beschrieben, oder Mischungen daraus eingesetzt werden.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Übergangsmetallverbindung A) und die oligomeren Alumoxanverbindung in solchen Mengen zu 10 verwenden, daß das atomare Verhältnis zwischen Aluminium aus der oligomeren Alumoxanverbindung und dem Übergangsmetall aus der Übergangsmetallverbindung A) im Bereich von 1:1 bis 10⁶:1, vorzugsweise 1:1 bis 10⁴:1, insbesondere im Bereich von 1:1 bis 15 10³:1, liegt.

15

Das erfindungsgemäße Katalysatorsystem kann als Komponente C) gegebenenfalls noch eine Organometallverbindung, vorzugsweise eine Metallverbindung der allgemeinen Formel IV

20



IV

in der

25 M¹

ein Alkali-, ein Erdalkalimetall oder ein Metall der III. Hauptgruppe des Periodensystems, d.h. Bor, Aluminium, Gallium, Indium oder Thallium bedeutet,

30 R²¹

Wasserstoff, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl oder Arylalkyl mit jeweils 1 bis 10 C-Atom im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest,

35 R²² und R²³

Wasserstoff, Halogen, C₁- bis C₁₀-Alkyl, C₆- bis C₁₅-Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl oder Alkoxy mit jeweils 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest,

40 r

eine ganze Zahl von 1 bis 3

und

s und t
45

ganze Zahlen von 0 bis 2 bedeuten, wobei die Summe r+s+t der Wertigkeit von M¹ entspricht,

18

enthalten. Liegt die Komponente C) zusammen mit A) und/oder B) vor, so ist sie für diesen Fall nicht identisch mit den Komponenten A) und insbesondere B).

5 Von den Metallverbindungen der allgemeinen Formel IV sind diejenigen bevorzugt, in denen

M¹ Lithium, Magnesium oder Aluminium bedeutet und

10 R²¹ bis R²³ für C₁- bis C₁₀-Alkyl stehen.

Besonders bevorzugte Metallverbindungen der Formel IV sind n-Butyl-Lithium, n-Butyl-n-octyl-Magnesium, n-Butyl-n-heptyl-Magnesium, Tri-n-hexyl-aluminium, Tri-iso-butyl-aluminium,

15 Triethylaluminium und Trimethylaluminium.

Wenn die Komponente C) eingesetzt wird, ist sie bevorzugt in einer Menge von 800:1 bis 1:1, insbesondere 500:1 bis 50:1 (molares Verhältnis von M¹ aus IV zu Übergangsmetall M aus I)

20 im Katalysatorsystem enthalten.

Enthält die Tränklösung außer dem Lösungsmittel lediglich die Metallkomponente A) als wesentliche Komponente, wird in der Regel die erfindungsgemäße trägerfixierte Katalysatorkomponente

25 zunächst isoliert und dann, entweder in Gegenwart der umzusetzenden Substrate, wie Monomere, oder in deren Abwesenheit durch Zusatz der Komponenten B) und/oder C) aktiviert.

Als Trägermaterialien des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems 30 werden vorzugsweise feinteilige Träger eingesetzt, die einen Teilchendurchmesser im Bereich von 0,1 bis 1000 µm aufweisen, bevorzugt von 10 bis 300 µm, insbesondere von 30 bis 70 µm. Geeignete organische Träger sind beispielsweise feinteilige Polymerisate, z.B. feinteiliges Polyethylen oder feinteiliges Poly-

35 propylen. Als anorganische Träger sind z.B. Aluminiumtrioxid, Siliziumdioxid, Titandioxid oder deren Mischoxide, Aluminiumphosphat oder Magnesiumchlorid geeignet. Bevorzugt kommen Kieselgele der Formel SiO₂ · a Al₂O₃ zum Einsatz, worin a für eine Zahl im Bereich von 0 bis 2, vorzugsweise 0 bis 0,5, steht. Die

40 Trägerpartikel können in granulärer Form sowie sprühgetrocknet in mikroskopischer Form verwendet werden. Derartige Produkte sind im Handel erhältlich, z.B. Silica Gel 332 der Fa. Grace oder ES 70 X der Fa. Crosfield.

45 Bevorzugte anorganische Trägermaterialien sind saure, anorganische Metall- oder Halbmetall-Oxide mit sehr hoher Porosität, die zum Beispiel in der älteren Deutschen Patentanmeldung

19

197 20 980.7, insbesondere auf Seite 3, Zeilen 45 bis Seite 5, Zeile 11 beschrieben werden.

Die Trägermaterialien können thermisch oder chemisch (z.B. mit 5 Metallalkylverbindungen) vorbehandelt sein, um ein bestimmtes Eigenschaftsprofil des Trägers (z.B. Wasser- und/oder OH-Gruppengehalt) zu erzielen.

Das Porenvolumen der eingesetzten Trägersubstanzen liegt im 10 allgemeinen im Bereich von 0,1 ml/g bis 10,0 ml/g, vorzugsweise im Bereich von 0,5 ml/g bis 3,0 ml/g. Das Porenvolumen kann nach der Methode der Stickstoffadsorption nach DIN 66131 oder Quecksilber-Porosimetrie nach DIN 66133 bestimmt werden.

15 Die Trägersubstanzen können durch Ausheizen bei Temperaturen im Bereich von 50 bis 1200°C, vorzugsweise im Bereich von 80 bis 800°C thermisch getrocknet werden. Sie können zusätzlich oder alternativ durch Einwirkenlassen von Organometallverbindungen der Formel IV, insbesondere Aluminiumtri-C₁-C₄-alkylen, wie Triiso-20 butylaluminium und/oder Aluminoxanen der Formel V und/oder VI chemisch vorbehandelt werden.

Vorzugsweise verwendet man Silicagele mit den definierten Kenngrößen als Trägersubstanzen.

25 Das erfindungsgemäße Tränkungsverfahren zeichnet sich unter anderem dadurch aus, daß die Tränklösung, deren Zusammensetzung bereits beschrieben wurde, in einer gerichteten Strömung die Trägersubstanz-Partikel, ebenfalls bereits beschrieben, durch-30 strömt. Es ergibt sich zum einen eine Strömung zwischen den einzelnen Trägersubstanz-Partikeln, darüber hinaus aber auch eine Strömung durch die Partikel. Hierdurch wird der Stofftransport aus der Tränklösung auf die innere Oberfläche des Trägermaterials verbessert.

35 Im Gegensatz hierzu dringt nach derzeitigem Kenntnisstand bei den eingangs genannten Trägerungsverfahren des Standes der Technik die Tränklösung von allen Seiten gleichmäßig in das Partikel ein, wobei es zur Ausbildung von Konzentrationsgradienten kommt.

40 Das erfindungsgemäße Tränkverfahren kann in verschiedenen Variationen ausgeführt werden. Ein in der Regel säulenförmiges oder zylindrisches oder rohrförmiges Reaktionsgefäß mit Zu- und Ablaufvorrichtung, vergleichbar mit einer "Chromatographiesäule", wird 45 mit der Trägersubstanz bis zu einer bestimmten Höhe gefüllt.

20

Variante A): Die Tränklösung wird auf die Oberfläche des Trägermaterials gegeben und bei geöffneter Ablaufvorrichtung durch das Trägermaterial hindurchströmen lassen.

5 Variante B): Die gesamte Tränklösung wird bei geschlossener Ablaufvorrichtung auf die Oberfläche des Trägermaterials gegeben, läuft aber noch nicht ab. Die Mischung wird kurz aufgerührt und dann wird die Tränklösung durch das Trägermaterial hindurchströmen lassen.

10 Variante C): Die gesamte Tränklösung wird auf die Oberfläche des Trägermaterials gegeben. Ein Teil der Tränklösung wird bei geöffneter Ablaufvorrichtung durch das Trägermaterial strömen lassen, dann wird die Ablaufvorrichtung geschlossen, die Mischung gerührt und dann die Tränklösung vollständig durch das Trägermaterial abgelassen.

15 20 Bei jeder Variante A) bis C) kann der getränkten Katalysator, vorzugsweise nachdem kein Lösungsmittel mehr abläuft, noch 0,1 bis 100 h, vorzugsweise 0,5 bis 24 h stehen gelassen werden, wobei nach derzeitigem Kenntnisstand das Porenvolumen noch mit 25 der Tränklösung gefüllt ist.

Die Tränklösung fließt in der Regel durch Eigendruck durch die Trägersubstanz hindurch. Es ist jedoch auch möglich einen Druck im Bereich von 1 bis 1000 mbar auf die Flüssigkeitssäule der 30 Tränklösung einwirken zu lassen. Die Fließrate der Tränklösung liegt im allgemeinen im Bereich von 0,1 bis 100,0 ml/(g Trägersubstanz x h), vorzugsweise im Bereich von 1,0 bis 50,0 ml/(g Trägersubstanz x h).

35 In der Regel wird der Katalysator oder die Katalysatorvorstufe durch Nachspülen mit einem oder mehreren niedrigsiedenden Lösungsmitteln gewaschen. Bevorzugt sind dabei Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische, in denen das oder die Metallocene und/oder die Zusatzstoffe B) und/oder C) schlechter löslich sind als in 40 der Tränklösung. Anschließend wird der Katalysator oder die Katalytorvorstufe als Suspension ausgetragen oder mit üblichen Verfahren, wie Anlegen eines Unterdrucks oder Durchströmen eines Inertgases, wie Stickstoff, getrocknet. Er fällt dann in rieselfähiger Form an.

45

21

In der Regel beträgt das Volumen der Tränklösung mindestens das 1,5fache des Porenvolumens des eingesetzten, chemisch unbehandelten Trägers. Vorzugsweise beträgt das Volumen der Tränklösung das dreifache bis 10 fache des Porenvolumens des chemisch 5 unbehandelten Trägers. Das Porenvolume kann mit der Methode der Stickstoff-Adsorption (DIN 66131) oder Quecksilber Porosimetrie (DIN 66133) bestimmt werden.

Als Trägersubstanz kann auch ein Ziegler-Katalysatorfeststoff, 10 üblicherweise auf Basis Titan oder ein Phillips-Katalysator, üblicherweise auf Basis Cr, verwendet werden. Derartige Katalysatoren sind beispielsweise in Angew. Chemie 92, 869 - 87 (1980); EP-A 45975; EP-A 45977; EP-A 86473; EP-A 171200; EP-A 429937; DE-A 4132894; GB-A 2111066; US 4,220,554; 15 US 4,339,054; US 4,472,524; US 4,473,660; US-A 4,857,613 beschrieben. Wenn ein Ziegler- oder Phillips-Katalysatorfeststoff als Trägermaterial verwendet wird, erhält man nach dem erfundungsgemäßen Verfahren einen Mehrzentrenkatalysator, in welchem chemisch unterschiedliche Metalle oder Metallkomplexfragmente 20 vorhanden sind.

Im erfundungsgemäßen Tränkverfahren wird üblicherweise die gesamte Tränklösung, gegebenenfalls unter Benutzung der erwähnten Varianten A, B oder C, durch die Trägersubstanz strömen gelassen 25 und der Katalysator isoliert. Das eluierte Lösungsmittel oder die an Komponenten A) bis C) verarmte Tränklösung kann weiterverwendet werden. In der an den Komponenten A) bis C) verarmten Tränklösung kann die ursprüngliche Konzentration der Komponenten A) bis C) wieder hergestellt werden, beispielsweise durch Zusatz der 30 Komponenten oder durch Eindampfen der Lösung (Rezyklierung). Diese Tränklösung kann dann wieder zur Tränkung verwendet werden.

Dieses Verfahren kann kontinuierlich, vorzugsweise jedoch diskontinuierlich betrieben werden.

35 Die nach dem erfundungsgemäßen Verfahren erhältlichen Trägerkatalysatoren oder Trägerkatalysatorkomponenten zeichnen sich durch eine unterschiedliche Beladungshöhe der einzelnen Trägersubstanz-Partikel aus, wobei jedoch praktisch keine unbeladenen 40 Trägerpartikel nachweisbar sind. Unter der Beladungshöhe wird hierbei die Konzentration der erfundungsgemäß eingesetzten Metallkomponente in den einzelnen Trägerpartikeln verstanden. Das bedeutet, die erhältlichen Trägerkatalysatoren oder Trägerkatalysatorkomponenten setzen sich üblicherweise aus Fraktionen von 45 Trägerkatalysatorpartikeln oder Trägerkatalysatorkomponentenpar-

22

tikeln zusammen, welche einen signifikant unterschiedlichen Metallkomponentengehalt haben.

Diesen Sachverhalt nennt man im folgenden Beladungshöhenverteilung.

Es war überraschend, daß ein solcher "heterogener" (bezogen auf die Metallkomponentenkonzentration der Fraktionen) Trägerkatalysator oder Trägerkatalysatorkomponente eine gute Verfahrensauglichkeit, beispielsweise bei Polymerisationsverfahren zeigte.

Sowohl die integrale Beladungshöhe, d. h. die Summe der auf dem eingesetzten Trägermaterial aufgebrachten Metallkomponente, als auch die Beladungshöhenverteilung kann in weiten Grenzen durch die Ausgangskonzentrationen an Metallkomponente und gegebenenfalls eingesetzten Zusatzstoffen in der Tränklösung, das eingesetzte Volumen der Tränklösung sowie die Wahl des Lösungsmittels eingestellt werden.

Zur Analyse der Beladungshöhenverteilung, vergleiche hierzu Beispiele 10 und 11, werden zunächst an verschiedenen Stellen der Fließstrecke der Tränklösung die Beladungshöhe der Katalysatorpartikel gemessen. Für eine empirisch gewählte Funktion vom Typ $f(x) = a \exp(-bx) + c$ (mit x : Fließstrecke; $f(x)$: Beladungshöhe in μ mol Metallocen (oder Metallkomponente) / g Katalysator) werden die Koeffizienten a , b und c bestimmt, mit denen die Funktion bestmöglich an die Meßpunkte angepaßt ist. Aus diesem mathematischen Zusammenhang von Beladungshöhe und Fließstrecke für den Trägerkatalysator erhält man durch Umformen und Normierung eine Verteilungsfunktion $P(x)$ für die Beladungshöhe (x : Beladungshöhe) vom Typ $P(x) = a \ln(x-c)$ [a : Normierungskoeffizient] und durch Ableitung die entsprechende (Wahrscheinlichkeits-) Dichtefunktion $p(x) = a/(x-c)$. Mit Hilfe dieser Dichtefunktion kann man dann das 1. Moment (arithmetisches Mittel) μ_1 der Beladungshöhenverteilung,

$$\mu_1 = \langle x \rangle = a \int^b_a x p(x) dx$$

[a : Minimale Beladung, d.h.

Messwert für 50 mm Fließstrecke

b : Maximale Beladung, d.h.

Messwert für 0 mm Fließstrecke]

40

ihrer Varianz $\text{Var}(x)$,

45

23

$$\text{Var}(x) = \langle x^2 \rangle - \mu_1^2$$

mit $\langle x^2 \rangle = \int_a^b x^2 p(x) dx$
 [a,b: s. oben]

die Standardabweichung σ

5

$$\sigma = (\text{Var}(x))^{0.5}$$

und die Schiefe s

$$10 s = \langle ((x-\mu_1)/\sigma)^3 \rangle = \sigma^{-3} \int_a^b (x-\mu_1)^3 p(x) dx \quad [\text{a,b: s. oben}]$$

bestimmen. Hierfür werden die Integrale numerisch nach der Sehnen-Trapez-Formel berechnet (Schrittweite: 1/10000 des Gesamtintervalls).

15

Bevorzugte metallhaltige Trägerkatalysatoren weisen eine asymmetrische Beladungshöhenverteilung auf. Deren Beladungshöhenverteilung hat eine Standardabweichung von mindestens 1 % des 1. Moments der Verteilung, sowie eine Schiefe s , die die Bedingung

20 $s^2 > 0,0001$ erfüllt. Besonders bevorzugte metallhaltige Trägerkatalysatoren erfüllen die Bedingung $s > +0,01$.

Die nach dem erfundungsgemäßen Verfahren erhältlichen Trägerkatalysatoren können auch vorpolymerisiert werden.

25

Es war überraschend, daß ein solcher "heterogener" (bezogen auf die Metallkomponentenkonzentration der Fraktionen) Trägerkatalysator oder Trägerkatalysatorkomponente eine gute Verfahrenstauglichkeit, beispielsweise bei Polymerisationsverfahren

30 zeigte.

Das erfundungsgemäße Katalysatorsystem wird im allgemeinen zur Polymerisation von Monomeren mit C-C-Doppelbindung oder C-C-Dreifachbindung eingesetzt. Dabei kann die C-C-Doppelbindung oder die 35 C-C-Dreifachbindung oder beide sowohl terminal als auch innenständig, sowohl exocyclisch als auch endocyclisch angeordnet sein. Bevorzugte Monomere mit C-C-Dreifachbindung sind C_2 - bis C_{10} -Alk-1-ine, wie Ethin, Propin, 1-Butin, 1-Hexin und weiterhin Phenylacetylen. Bevorzugt wird das erfundungsgemäße Polymerisationsverfahren zur Polymerisation oder Copolymerisation von C_2 - bis C_{12} -Alk-1-enen eingesetzt. Als C_2 - bis C_{12} -Alk-1-ene sind Ethylen, Propylen, But-1-en, Pent-1-en, 4-Methyl-pent-1-en, Hex-1-en, Hept-1-en oder Oct-1-en sowie vinylaromatische Monomere wie 40 Styrol, p-Methylstyrol oder 2,4-Dimethylstyrol oder Gemische aus diesen C_2 - bis C_{12} -Alk-1-enen bevorzugt. Besonders bevorzugt sind 45 Homo- oder Copolymerivate des Ethylens oder des Propyleins, wobei der Anteil an Ethylen oder an Propylen in den Copolymeraten

24

mindestens 50 Mol-% beträgt. Bei den Copolymerisaten des Ethylen sind diejenigen bevorzugt, die als weitere Monomere Propylen, But-1-en, Hex-1-en oder Oct-1-en oder deren Mischungen enthalten. Bei den Copolymerisaten des Propylens handelt es sich ins-
5 besondere um solche Copolymerivate, die als weitere Monomere Ethylen oder But-1-en oder deren Mischungen enthalten.

Vorzugsweise werden mit dem erfindungsgemäßen Polymerisationsverfahren solche Polymerivate hergestellt, die

10 50 bis 100 Mol-% Ethylen und
0 bis 50 Mol-%, insbesondere 0 bis 30 Mol-% C₃- bis C₁₂-Alk-1-ene
enthalten.

15 Bevorzugt sind auch solche Polymerivate, die
50 bis 100 Mol-% Propylen,
0 bis 50 Mol-%, insbesondere 0 bis 30 Mol-% Ethylen und
20 0 bis 20 Mol-%, insbesondere 0 bis 10 Mol-% C₄- bis C₁₂-Alk-1-ene
aufweisen.

Die Summe der Mol-% ergibt stets 100.

25 Die Polymerisation kann in den für die Polymerisation von Olefinen üblichen Verfahren, wie Lösungsverfahren, Suspensionsverfahren, gerührtes Gasphasenverfahren oder Gasphasenwirbelschichtverfahren, kontinuierlich oder auch diskontinuierlich durchgeführt werden. Als Lösungsmittel oder Suspensionsmittel können inerte Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise iso-Butan, oder aber die Monomeren selbst verwendet werden. Besonders gut geeignete Verfahren zur Herstellung der Polymerivate sind das Suspensionsverfahren und die Gasphasenverfahren
30 (gerührte Gasphase, Gasphasenwirbelschicht).

Geeignete Reaktoren sind u.a. kontinuierlich betriebene Rührkessel, Schleifenreaktoren oder Wirbelbettreaktoren, wobei man gegebenenfalls auch eine Reihe von mehreren hintereinander
40 geschalteten Reaktoren verwenden kann (Reaktorkaskade).

Die Polymerisation mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im allgemeinen bei Temperaturen im Bereich von -50 bis 300°C, vorzugsweise im Bereich von 0 bis 150°C, und bei Drücken in der
45 Regel im Bereich von 0,5 bis 3000 bar, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 80 bar, durchgeführt. Bei den erfindungsgemäßen Polymerisationsverfahren ist es vorteilhaft, die Verweilzeiten der

25

jeweiligen Reaktionsgemische auf 0,5 bis 5 Stunden, insbesondere auf 0,7 bis 3,5 Stunden, einzustellen. Es können bei der Polymerisation u.a. auch Antistatika sowie Molmassenregler, beispielsweise Wasserstoff, mitverwendet werden.

5

Außer zur Polymerisation lässt sich das erfindungsgemäße Katalysatorsystem auch zur stöchiometrischen oder katalytischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verknüpfung verwenden, weiterhin zur Reduktion von Carbonylgruppen $>\text{C}=\text{O}$, oder Iminogruppen $>\text{C}=\text{NH}$ mit Kohlenstoffresten, Hydriden oder Amiden sowie in der Diels-Alder-Reaktion und der Hydrierung von ungesättigten Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Kohlenstoff-Heteroatom, und Heteroatom-Heteroatom-Bindungen mit Wasserstoff und/oder Hydriden verwenden.

15 In der Regel spielen sich diese Reaktionen im niedermolekularen Bereich ab und führen in der Regel zu Produkten mit einem Molekulargewicht von weniger als ca. 1000.

Die mit dem erfindungsgemäßen Polymerisationsverfahren erhältlichen Polymerivate können zur Herstellung von Folien, Fasern und Formkörpern verwendet werden.

Beispiele

25 Alle präparativen Arbeiten wurden nach Standard-Schlenktechniken in inertisierten Glasgefäßen unter N₂- oder Ar-Schutzgasatmosphäre durchgeführt.

30 Beispiel 1: Chemische Trocknung von granulärem SiO₂

1000g Kieselgel (SG 332, Mittlerer Durchmesser: 50 µm, Porenvolumen: 1.75 ml/g, Fa. Grace; 8h bei 180°C im Vakuum (1 mbar) ausgeheizt) wurde in 5 l Toluol unter N₂-Atmosphäre suspendiert. Bei einer Temperatur von 18°C wurden 7.75 l (6.83 kg) 1.53 molare 35 Methylalumininoxanlösung (in Toluol, Fa. Witco) über 120 Minuten zugegeben. Anschließend wurde 7 h bei RT nachgerührt, filtriert und der Filterkuchen 2x mit je 2.5 l Toluol gewaschen. Danach wurde die Trägervorstufe im Vakuum getrocknet. Es wurden 1.35 kg chemisch getrocknete Vorstufe erhalten.

40

Beispiel 2

2.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Lösungsvolumen = 1.85-faches des Porenvolumens)

26

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2cm) wurden 5 g der in Beispiel 1 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.3 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 72 mg (125 µmol) rac.-Dimethylsilylen-5 bis(2-methylbenz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 12 ml 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 30 minütigem Nachrühren wurde die in der Schlenkfritte vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach 1h war die überstehende Lösung abgelaufen und der zurückbleibende 10 Trägerkatalysator wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablau-fende Tränklösung war nur noch schwach gefärbt und wurde verwor-fen. Der zurückbleibende Trägerkatalysator war im oberen Ab-schnitt tief-orange gefärbt, im unteren dagegen nur schwach. Er wurde 4x mit je 5ml Pentan ohne aufrühren gewaschen. Anschließend 15 wurde im N₂-Strom (von oben) getrocknet. Für die Polymerisation wurden ca. 2g aus dem oberen Bereich der Säule isoliert.

2.2: Polymerisation (1l-Autoklav)

20 In einem trockenen, N₂-gespülten 1 l-Autoklaven wurden 2.5 mmol Triisobutylaluminium (TiBA; 1.25ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 6mg Stadis® 450 (10w-% bez. auf die Katalysatormasse; Stadis® 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 500 ml flüssiges Propen zudosiert. Anschließend 25 wurden 60 mg des in Beispiel 2.1 hergestellten Metallocen-Träger-katalysators über eine Schleuse mit N₂ eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein 30 Bodenventil abgelassen. Es wurden 166 g Polypropylenengries ohne Grobanteile erhalten (Produktivität: 2765 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

35 Beispiel 3: Chemische Trocknung von sprühgetrocknetem SiO₂ Nr. I

1000g sprühgetrocknetes Kieselgel (Mittlerer Teilchendurchmesser: 19.8 µm; BET-Oberfläche nach DIN 66131: 333.5 m²; Porenvolumen: 1.66 ml/g; 8 h bei 180°C im Vakuum (1 mbar) ausgeheizt) wurde in 40 5 l Toluol unter N₂-Atmosphäre suspendiert. Bei einer Temperatur von 18°C wurden 7.75 l (6.83 kg) 1.53 molare Methylaluminoxan-lösung (in Toluol, Fa. Witco) über 120 Minuten zugegeben. Anschließend wurde 7 h bei RT nachgerührt, filtriert und der Filterkuchen 2x mit je 2.5 l Toluol gewaschen. Danach wurde die 45 Trägervorstufe im Vakuum getrocknet. Es wurden 1.38 kg chemisch getrocknete Vorstufe erhalten.

Beispiel V1 (Vergleichsbeispiel)

V 1.1: Herstellung eines Metallocen-Trägerkatalysators (Lösungsvolumen = Porenvolumen)

5

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 5 g der in Beispiel 3 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.2 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 72 mg (125 µmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-10 benz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 6ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 30 minütigem Nachröhren wurde die in der Schlenkfritte vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach ca. 1 h war die überstehende Lösung abgelaufen und der zurückbleibende 15 Trägerkatalysator wurde 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende Tränklösung war farblos und wurde verworfen. Die Vorstufe war nur im oberen Abschnitt beladen (erkennbar an der orangen Färbung). Der untere Teil der Säule war völlig weiß. Er wurde 6x mit je 5 ml 20 Pentan ohne aufrühren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von oben) getrocknet. Der Katalysator enthielt einen hohen Anteil unbeladener (weißer) Trägerpartikel.

Beispiel 4

25

4.1. Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Lösungsvolumen = 4-faches des Porenvolumens)

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 2.5 g der in Beispiel 3 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.2 ml/g) vorgelegt (ca. 2.5cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 144 mg (250 µmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-benz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 12ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 30 minütigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe kurz aufgeröhrt (ca. 30s). Nach ca. 1 h war die überstehende Lösung abgelaufen und der zurückbleibende Trägerkatalysator wurde 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei 35 ablaufende Tränklösung war schwach-orange gefärbt und wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Er wurde 6 x mit je 5 ml Pentan unter Aufröhren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug ca. 2.75 g 40 Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 42.8 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: >94 %).

28

4.2: Polymerisation (II-Autoklav).

Beispiel 2.2 wurde mit 48mg Trägerkatalysator aus Beispiel 4.1 wiederholt, wobei 160g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 3330g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel 5: Chemische Trocknung von sprühgetrocknetem SiO₂ Nr. II

10 1000 g sprühgetrocknetes Kieselgel (Mittlerer Teilchendurchmesser: 26 µm; BET-Oberfläche nach DIN 66131: 310m²; Porenvolumen: 1.38 ml/g; 8 h bei 180°C im Vakuum (1 mbar) ausgeheizt) wurde in 5 1 l Toluol unter N₂-Atmosphäre suspendiert. Bei einer Temperatur von 18°C wurden 7.75 l (6.83 kg) 1.53 molare Methylaluminoxanlösung (in Toluol, Fa. Witco) über 120 Minuten zugegeben. 15 Anschließend wurde 7 h bei RT nachgerührt, filtriert und der Filterkuchen 2 x mit je 2.5 l Toluol gewaschen. Danach wurde die Trägervorstufe im Vakuum getrocknet. Es wurden 1.37 kg chemisch getrocknete Vorstufe erhalten.

20 20 Beispiel 6

6.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

25 In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 10 cm) wurden 100 g der in Beispiel 5 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.0 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 2880 mg (5 mmol) rac.-Dimethylsilylen-30 bis(2-methylbenz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 240 ml 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 30 minütigem Nachrühren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Das durchlaufende, zunächst farblose, später 35 zunehmend orange gefärbte Filtrat (ca. 120 ml) wurde insgesamt viermal zurückgeführt, bis die Vorstufe einheitlich orange gefärbt war. Anschließend wurde der feuchte Trägerkatalysator 48 h lichtgeschützt stehengelassen und dann kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende Tränklösung war orange gefärbt und für den 40 Folgeversuch aufbewahrt. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Er wurde 4 x mit je 200 ml Pentan unter Aufrühren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute 45 betrug 113.9 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 38.4 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 87.5 %).

6.2: Polymerisation (11-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 53 mg Trägerkatalysator aus Beispiel 6.1 wiederholt, wobei 268 g Polypropylengries erhalten wurden
 5 (Produktivität: 5055 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

6.3. Polymerisation im kontinuierlichen Gasphasenverfahren

10 Der in Beispiel 6.1 hergestellte Metallocen-Trägerkatalysator wurde für die kontinuierliche Propen-Homopolymerisation in einem vertikal durchmischten 200 l Gasphasenreaktor eingesetzt. Der Reaktor enthält ein Bett aus feinteiligem Polymerisat und wurde bei einem konstanten Ausstoß von 20 kg/h betrieben. Der Reaktor-
 15 druck betrug 24bar und die Reaktortemperatur 60°C. Als Putzalkyl wurden 30 mmol Triisobutylaluminium pro Stunde zugefahren (1-molare Lösung in Heptan). Es wurde ein Polymergries mit einer Schüttdichte von 475 g/l, einer mittleren Partikelgröße von d_{avg} = 1.16 mm und 2 w-% Partikel mit einem Durchmesser $d > 2$ mm er-
 20 halten (Polymerdaten: T_m : 147.8°C, $[\eta]$: 2.21dl/g, MFI: 4.2 g/10', X_L : 0.4 w-%). Die Katalysatorproduktivität betrug 6.2 kg PP/g Katalysator.

Beispiel 7

25

7.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators mit recyklierter Tränklösung

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 6 cm)
 30 wurden 20 g der in Beispiel 5 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.0 ml/g) vorgelegt (ca. 2.5 cm Schichtdicke) und vorsichtig mit der bereits in Beispiel 6.1 eingesetzten Tränklösung überschichtet. Das durchlaufende, zunächst farblose, später schwach orange gefärbte Filtrat (ca. 80 ml) wurde insgesamt viermal zurückgeführt, bis die Vorstufe einheitlich orange gefärbt war. Anschließend wurde der feuchte Trägerkatalysator 96 h lichtgeschützt stehengelassen und dann kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende Tränklösung war schwach-orange gefärbt und wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche orange Färbung des Trägerkatalysators). Er wurde 3 x mit je 50 ml Pentan unter Aufrühren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 20.7 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 14.3 μmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 5.9 % der in Beispiel 6.1 eingesetzten Menge. Gesamtausnutzung in
 45 Beispiel 6.1 und 7.1: 93.4 %).

7.2: Polymerisation (11-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 59mg Trägerkatalysator aus Beispiel 7.1 wiederholt, wobei 133 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 2250 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel V 2 (Vergleichsbeispiel)

10 V 2.1: Herstellung eines Metallocen-Trägerkatalysators analog WO 94/28034 (niedrige Metallocenbeladung)

In einem trockenen, N₂-gespülten Glaskolben wurden 57.8 mg (0.1 mmol) rac.-Dimethyl-silylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid zu 13.2ml Methylaluminoxan-Lösung (1.53 molar bez. auf Al; 10 w-%ige Methylaluminoxan-Lösung in Toluol d. Fa. Witco) gegeben. Nach 30-minütigem Rühren wurden zunächst 10 ml Toluol und dann 10 g des in Beispiel 1 chemisch getrockneten Kieselgels zugegeben. Es wurde nochmals 30 Minuten nachgerührt und dann das Lösungsmittel langsam über 2 h abgezogen. Zurück blieben 11.3 g eines orange-farbenen, gut rieselfähigen Metallocen-Trägerkatalysators (Metallocenausnutzung: 100 %).

V 2.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

25

Beispiel 2.2 wurde mit 128mg Trägerkatalysator aus Beispiel V 2.1 wiederholt, wobei 215 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 1680 g PP/g Katalysator).

30 Beispiel V 3 (Vergleichsbeispiel)

V 3.1: Herstellung eines Metallocen-Trägerkatalysators analog WO 94/28034 (hohe Metallocenbeladung)

35 In einem trockenen, N₂-gespülten Glaskolben wurden 145 mg (0.25 mmol) rac.-Dimethyl-silylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid zu 15ml Methylaluminoxan-Lösung (1.53 molar bez. auf Al; 10 w-%ige Methylaluminoxan-Lösung in Toluol d. Fa. Witco) gegeben. Nach 30-minütigem Rühren wurden zunächst 10 ml Toluol und dann 10 g des in Beispiel 1 chemisch getrockneten Kieselgels zugegeben. Es wurde nochmals 30' nachgerührt und dann das Lösungsmittel langsam über 2 h abgezogen. Es wurden 11.6 g eines orange-farbenen, gut rieselfähigen Metallocen-Trägerkatalysators erhalten (Metallocenausnutzung: 100 %).

45

V 3.2: Polymerisation (1l-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 180mg Trägerkatalysator aus Beispiel V 3.1 wiederholt. Die Polymerisation mußte nach 37' abgebrochen werden,
 5 da der Rührer blockiert wurde. Nach dem Ablassen des restlichen Propens ließen sich 74 g Polypropylen mit teilweise grober Morphologie austragen. Nach dem Öffnen des Autoklaven fanden sich weitere 50 g Brocken, die teilweise am Rührer hafteten. Die Autoklavenwand war von einem leichten Belag überzogen
 10 (Produktivität: 690 g PP/g Katalysator).

Beispiel V 4 (Vergleichsbeispiel)

V 4.1: Herstellung eines Metallocen-Trägerkatalysators analog
 15 WO 94/14856 (Lösungsvolumen ≤ Porenvolumen)

In einem trockenen, N₂-gespülten Glaskolben wurde 73 mg (0.13 mmol) rac.-Dimethyl-silylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid vorgelegt. Anschließend wurde solange toluolische
 20 Methylaluminoxan-Lösung (1.53molar bez. auf Al; 10 w-%ige Methylaluminoxan-Lösung, Fa. Witco) zugegeben, bis das Metallocen gerade vollständig gelöst war. Hierfür wurden 6 ml benötigt. Nach 30-minütigem Rühren wurde die erhaltene Lösung dann gleichmäßig auf 5g des in Beispiel 1 chemisch getrockneten Kieselgels
 25 (Porenvolumen: 1.3 ml/g) aufgebracht. Es wurde nochmals 30 Minuten nachgerührt und dann das Lösungsmittel langsam über 2 h abgezogen. Es wurden 5.7 g eines orange-farbenen, gut rieselfähigen Metallocen-Trägerkatalysators erhalten (Metallocenausnutzung:
 100 %; 22.2 µmol Zr/g).

30

V 4.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 167 mg Trägerkatalysator aus Beispiel V 4.1 wiederholt, wobei 167 g Polypropylenries erhalten wurden
 35 (Produktivität: 1000 g PP/g Katalysator).

Beispiel 8: Chemische Trocknung von sprühgetrocknetem SiO₂ Nr. III

20 g sprühgetrocknetes Kieselgel (Mittlerer Teilchendurchmesser:
 40 45 µm; Spez. Oberfläche: 307 m²; Porenvolumen: 1.53 ml/g; 8 h bei 180°C im Vakuum (1 mbar) ausgeheizt) wurden in 150 ml Toluol unter N₂-Atmosphäre suspendiert. Bei Raumtemperatur wurden 155 ml (137 g) 1.53 molare (bez. auf Al) Methylaluminoxanlösung (in Toluol, Fa. Witco) langsam zugegeben. Anschließend wurde 12 h bei
 45 RT nachgerührt, filtriert und der Filterkuchen zunächst 2 x mit je 50 ml Toluol und anschließend 2 x mit je 50 ml Pentan

32

gewaschen. Danach wurde die Trägervorstufe im Vakuum getrocknet. Es wurden 26.4 g chemisch getrocknete SiO₂-Vorstufe erhalten.

Beispiel 9

5

9.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 5 g der in Beispiel 8 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.16 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 240 mg (0.42 mmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 20 ml 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 30 minütigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Innerhalb von einer Stunde war die überstehende Tränklösung abgelaufen (zunächst farblos, später zunehmend orange gefärbt). Anschließend wurde der feuchte Trägerkatalysator 20h lichtgeschützt stehengelassen und dann kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende restliche Tränklösung war orange gefärbt und wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Er wurde 4 x mit je 10 ml Pentan unter Aufröhren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 5.6 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 62.5 µmol/g \Rightarrow Metallocen-Ausnutzung: 84.1 %).

9.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

30

In einem trockenen mit Stickstoff gespülten 10 l-Autoklaven wurden nacheinander 100 g Polypropylengries und 9 ml einer 2-molaren Triisobutylaluminium-Lösung in Heptan und 1 ml einer 2-molaren Diisobutylaluminumhydrid-Lösung in Heptan gegeben. Anschließend wurden 210 mg des in 9.1 hergestellten Metallocen-Trägerkatalysators im Stickstoffgegenstrom unter Röhren in den Autoklav gefüllt, dieser verschlossen und bei 25°C und einer Rührerdrehzahl von 350 U/min mit 7.0 l flüssigem Propen befüllt. Anschließend wurde die Temperatur schrittweise auf 65°C erhöht, wobei der Innendruck auf 26-28 bar anstieg. Dann wurde 90' bei 65°C und 250 - 300 U/min polymerisiert.

Nach beendeter Polymerisation wurde über 15' auf Atmosphärendruck entspannt und das entstandene Polymerisat im Stickstoffstrom ausgetragen. Es wurden 2589 g Polypropylengries erhalten

(Produktivität: 12330 g PP/g Kat.). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel V 6 (Vergleichsbeispiel)

5

**V 6.1: Herstellung eines Metallocen-Trägerkatalysators
(Fällungsmethode analog WO 98/01481)**

6.6 g des in Beispiel 8 chemisch getrockneten SiO₂-Trägers wurden 10 zu einer Lösung von 300 mg rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid in 68ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gegeben und bei RT gerührt. Nach 24 h wurden langsam 165 ml iso-Dodekan zugetropft. Anschließend wurde weitere 2 h gerührt, der orange-15 farbene Feststoff abfiltriert, zweimal mit je 50 ml Pentan gewaschen und im Stickstoffstrom getrocknet. Die Ausbeute betrug 8.3 g Metallocen-Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 43.9 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 70 %).

20 **V 6.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)**

Die Polymerisation wurde analog zu Beispiel 9.2 mit 238 mg des in V 6.1. hergestellten Trägerkatalysators durchgeführt. Es wurden 2870 g Polypropylengries erhalten (Produktivität: 12050 g PP/g 25 Kat.). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Vergleich von V6 mit Beispiel 9 zeigt, daß das erfindungsgemäße Verfahren zu einer besseren Ausnutzung des Metallocens führt.

30

Beispiel 10

10.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysator

35

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 5 g der in Beispiel 5 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.0 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 144 mg (250 µmol) rac.-Dimethylsilylen-40 bis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid in 12ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen 45 war, wurden die farblos abgelaufenen, ersten 5 ml erneut auf die Säule gegeben. Nach dem erneuten Ablaufen der Tränklösung wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehen-

34

gelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablau-fende Tränklösung war orange gefärbt und wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 3 x mit je 10 ml Pentan 5 ohne Aufröhren gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) getrocknet und es wurden je eine Katalysatorprobe von der Oberfläche (Probe 10a: Fließstrecke der Tränklösung ca. 0 mm), der Mitte (Probe 10b: Fließstrecke der Tränklösung ca. 25 mm) und dem unteren Bereich unmittelbar oberhalb des Frittenbodens (Probe 10c: Fließstrecke d. Tränklösung ca. 50 mm) genommen. Es wurden 10 folgende Beladungen gefunden:

$$10a: 0.36 \text{ w-\% Zr/g} \Rightarrow 39.5 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator}$$

$$10b: 0.31 \text{ w-\% Zr/g} \Rightarrow 34.0 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator}$$

$$15 10c: 0.30 \text{ w-\% Zr/g} \Rightarrow 32.9 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator}$$

Für den durchmischten Katalysator (5.5 g) wurde ein mittlerer Zr-Gehalt von 0.32 w-% bestimmt (35.4 μmol Metallocen/g Katalysator \Rightarrow Metallocenausnutzung: 78 %).

20

Aus der gefundenen Beladungshöhenverteilung wurden die Standardabweichung des Mittelwerts und die Schiefe s der Beladungshöhenverteilung für den Trägerkatalysator abgeleitet.

25 Für eine Funktion

$$f(x) = a \exp(-bx) + c \quad (\text{mit } x = \text{Fließstrecke})$$

wurden die Koeffizienten a, b und c bestimmt, mit denen sich ein 30 Kurvenverlauf durch die drei oben angegebenen Meßpunkte ergibt (Fig. 1). Aus diesem mathematischen Zusammenhang von Beladungshöhe und Fließstrecke für den Trägerkatalysator ergab sich als 1. Moment (arithmetisches Mittel) $\mu_1 = 34,7 \mu\text{mol/g}$, als Standardabweichung $\sigma = 1,76 \mu\text{mol/g}$ (5,1 % bezogen auf μ_1) und als Schiefe 35 s = 1,049.

10.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 45 mg Trägerkatalysator aus Beispiel 10.1 40 wiederholt, wobei 194 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 4310 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

45

Beispiel 11

Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysator

5 In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 5 g der in Beispiel 5 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.0 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 240 mg (416 µmol) rac.-Dimethylsilylen-bis(2-methylbenz[e]in-denyl)zirkondichlorid in 20ml 1.53 molarer
 10 (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 72 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende Tränklösung war orange gefärbt und wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 3 x mit je 10 ml Pentan ohne Aufrühren gewaschen. Anschließend wurde im
 20 N₂-Strom (von oben) getrocknet und es wurden je eine Katalysatorprobe von der Oberfläche (Probe 11a: Fließstrecke der Tränklösung ca. 0 mm), der Mitte (Probe 11b: Fließstrecke der Tränklösung ca. 25 mm) und dem unteren Bereich unmittelbar oberhalb des Frittenbodens (Probe 11c: Fließstrecke d. Tränklösung ca. 50 mm)
 25 genommen. Es wurden folgende Beladungen gefunden:

$$\begin{aligned} 11a: 0.68 \text{ w-\% Zr/g} &\Rightarrow 74.6 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator} \\ 11b: 0.49 \text{ w-\% Zr/g} &\Rightarrow 53.7 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator} \\ 11c: 0.36 \text{ w-\% Zr/g} &\Rightarrow 39.5 \mu\text{mol Metallocen/g Katalysator} \end{aligned}$$

30 Für den durchmischten Katalysator (5.6 g) wurde ein mittlerer Zr-Gehalt von 0.50 w-% bestimmt (54.8 µmol Metallocen/g Katalysator ⇒ Metallocenausnutzung: 74 %).

35 Aus der gefundenen Beladungshöhenverteilung wurden die Standardabweichung des Mittelwerts und die Schiefe s der Beladungshöhenverteilung für den Trägerkatalysator abgeleitet.

Für eine Funktion

40

$$f(x) = a \exp(-bx) + c \quad (\text{mit } x = \text{Fließstrecke})$$

45 wurden die Koeffizienten a, b und c bestimmt, mit denen sich ein Kurvenverlauf durch die drei oben angegebenen Meßpunkte ergibt (Fig. 2). Aus diesem mathematischen Zusammenhang von Beladungs-

36

höhe und Fließstrecke für den Trägerkatalysator ergab sich als 1. Moment (arithmetisches Mittel) $\mu_1 = 54,8 \mu\text{mol/g}$, als Standardabweichung $\sigma = 10,1 \mu\text{mol/g}$ (18,4 % bezogen auf μ_1) und als Schiefe $s = 0,262$.

5

Beispiel 12: Chemische Trocknung von sprühgetrocknetem SiO_2 Nr. IV

1000 g sprühgetrocknetes Kieselgel (Mittlerer Teilchendurchmesser: 46 μm ; Spez. Oberfläche: 311 m^2 ; Porenvolumen: 1.56 ml/g; 10 8 h bei 180°C im Vakuum (1 mbar) ausgeheizt) wurde in 5 l Toluol unter N_2 -Atmosphäre suspendiert. Bei einer Temperatur von 18°C wurden 7.75 l (6.83 kg) 1.53 molare Methylaluminoxanlösung (in Toluol, Fa. Witco) über 120 Minuten zugegeben. Anschließend wurde 15 7 h bei RT nachgerührt, filtriert und der Filterkuchen 2 x mit je 2.5 l Toluol gewaschen. Danach wurde die Trägervorstufe im Vakuum getrocknet. Es wurden 1.36 kg chemisch getrocknete Vorstufe erhalten.

Beispiel 13

20

13.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) 25 wurden 4.9 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 59 mg (98 μmol) rac.-Dimethylsilylen-bis(2-ethylbenz[e]in-deny1)zirkondichlorid in 13 ml 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in 30 die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N_2 abgepreßt. Die 35 hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 3 x mit je 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 5.4 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 9.8 $\mu\text{mol/g}$ \Rightarrow Metallocen-Ausnutzung: 53.8 %).

45

37

13.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 140 mg Trägerkatalysator aus Beispiel 13.1 wiederholt, wobei 75 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 535 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel 14

10 14.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 4.9 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt (ca. 5 cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 58mg (98 µmol) rac.-Dimethylsilylen-bis(2-methylbenz[e]tetrahydroindenyl)zirkondichlorid in 13ml 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 3x mit je 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 5.35 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 13.2 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 71.8 %).

30

14.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

Beispiel 2.2 wurde mit 160 mg Trägerkatalysator aus Beispiel 14.1 wiederholt, wobei 180 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 1125 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel 15

40 15.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 4.9 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt (ca. 5cm Schichtdicke). In einem separaten Kolben wurden 49 mg (98 µmol) rac.-Ethylen-bis(2,4,7-trimethylindenyl)zirkondichlorid in 13 ml 1.53 molarer

(bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen 5 war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche tief-orange Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 3 x mit je 100 ml 10 Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 5.4 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 16.4 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 90.6 %).

15.2: Polymerisation (1 l-Autoklav)

15 Beispiel 2.2 wurde mit 160 mg Trägerkatalysator aus Beispiel 15.1 wiederholt, wobei 125 g Polypropylengries erhalten wurden (Produktivität: 781 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

20 Beispiel 16

16.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

25 In einer inertisierten Schlenkfritte wurden 15 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 230 mg (375 µmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)zirkondichlorid in 60ml 30 1.53 molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10 w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Träger- 35 katalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche rote Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 4 x mit je ca. 100ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von Oben) 40 getrocknet. Die Ausbeute betrug 16.4 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 16.4 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 71.9 %).

16.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

45 In einem trockenen, N₂-gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30mmol Triisobutylaluminium (TiBA; 15ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150 mg Stadis® 450 (Stadis®

450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 750mg des in Beispiel 16.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse mit N₂ eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 1610 g Polypropylengries ohne Grobanteile erhalten (Produktivität: 2150 g PP/g Katalysator). Die anschließende Inspektion des 10 Autoklaven zeigte keine Beläge oder Brocken.

Beispiel 17

17.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Beginn Co-Trägerungsreihe, reines Metallocen A))

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 7 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe 20 (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 81 mg (140µmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid in 25ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachrühren wurde die Lösung in die Schlenkfritte 25 gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N₂ abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 4x mit je ca. 100ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N₂-Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 7.8g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 14.3µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 79.4%).

35
17.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N₂-gespülten 10l-Autoklaven wurden 30mmol Triisobutylaluminium (TiBA; 15ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) 40 vorgelegt. Nach Zugabe von 150mg Stadis® 450 (Stadis® 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 1000mg des in Beispiel 17.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse mit N₂ eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation 45 bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 2200g Poly-

40

propylengries ohne Grobanteile erhalten (Produktivität: 2200g PP/g Katalysator).

Polymerdaten: $M_n = 163000\text{g/mol}$; $M_w = 291000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 1.79$;
 5 $T_m = 145.5^\circ\text{C}$

Beispiel 18

18.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Zwei unterschiedliche Metallocene, Coträgerung, Metallocenverhältnis Nr. 1)

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 7 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 15 65 mg (113 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid und 18 mg (29 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)zirkondichlorid in 25 ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach dem die überstehende Tränklösung abgelaufen war, wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz 20 mit N_2 abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 4x mit je ca. 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von Oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 7.8 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 16.4 $\mu\text{mol/g} \Rightarrow$ Metallocen-Ausnutzung: 90.3%).

18.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N_2 -gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30mmol 35 Triisobutylaluminium (TiBA; 15ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150 mg Stadis[®] 450 (Stadis[®] 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 1100 mg des in Beispiel 18.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse 40 mit N_2 eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 1400 g Polypropylengries ohne Grobanteile erhalten 45 (Produktivität: 1270g PP/g Katalysator).

41

Polymerdaten: $M_n = 169000\text{g/mol}$; $M_w = 337000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 1.99$;
 $T_m = 146.2^\circ\text{C}$

Beispiel 19

5

19.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Coträgerung Metallocenverhältnis Nr. 2)

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) 10 wurden 8.9 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 62mg (107 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid und 45 mg (72 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)zirkondichlorid in 32 ml 15 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach ca. 1h wurde das abgelaufene Filtrat nochmals zurückgeführt und der Inhalt der Fritte wurde 20 kurz aufgerührt. Nach dem erneuten Ablaufen der Tränklösung wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehen gelassen. Danach wurde kurz mit N_2 abgepreßt. Die hierbei ablau fende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war 25 vollständig beladen (einheitliche Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 4x mit je ca. 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 9.8 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 14.3 $\mu\text{mol/g} \Rightarrow$ Metallocen-Ausnutzung: 78%).

30 19.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N_2 -gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30 mmol Triisobutylaluminium (TIBA; 15. ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150 mg Stadis® 450 (Stadis® 35 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 710mg des in Beispiel 19.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse mit N_2 eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die 40 Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 1000g Polypropylenries ohne Grobanteile erhalten (Produktivität: 1400g PP/g Katalysator).

45 Polymerdaten: $M_n = 192000\text{g/mol}$; $M_w = 490000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 2.55$;
 $T_m = 147.0^\circ\text{C}$

Beispiel 20

20.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Coträgerung, Metallocenverhältnis Nr. 3)

5

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 7g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 32 mg (55 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-

10 benz[e]indenyl)zirkondichlorid und 54 mg (86 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)zirkondichlorid in 25 ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vor-
15 stufe vorsichtig überschichtet. Nach ca. 1h wurde das abgelaufene Filtrat nochmals zurückgeführt und der Inhalt der Fritte wurde kurz aufgerührt. Nach dem erneuten Ablaufen der Tränklösung wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehen-gelassen. Danach wurde kurz mit N_2 abgepreßt. Die hierbei ablau-
20 fende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche Färbung des Träger-katalysators). Es wurde 4x mit je ca. 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 7.7 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 14.3 $\mu\text{mol}/\text{g} \Rightarrow$ Metallocen-Ausnutzung: 78%).
25

20.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N_2 -gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30 mmol
30 Triisobutylaluminium (TiBA; 15 ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150 mg Stadis® 450 (Stadis® 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500 g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 660 mg des in Beispiel 20.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse
35 mit N_2 eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 960g Polypropylengries ohne Grobanteile erhalten
40 (Produktivität: 1450 g PP/g Katalysator).

Polymerdaten: $M_n = 225000\text{g/mol}$; $M_w = 646000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 2.88$;
 $T_m = 147.6^\circ\text{C}$

Beispiel 21

21.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Coträgerung, Metallocenverhältnis Nr. 4)

5

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 7 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 16 mg (28 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-10 benz[e]indenyl)zirkondichlorid und 70 mg (111 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-indenyl)zirkondichlorid in 30 ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet. Nach ca. 1 h wurde das abgelau-15 fene Filtrat nochmals zurückgeführt und der Inhalt der Fritte wurde kurz aufgerührt. Nach dem erneuten Ablaufen der Tränklösung wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N_2 abgepreßt. Die hierbei 20 ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche Färbung des Trägerkatalysators). Es wurde 4x mit je ca. 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute 25 betrug 7.8g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 13.2 $\mu\text{mol}/\text{g} \Rightarrow$ Metallocen-Ausnutzung: 74%).

21.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N_2 -gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30 mmol 30 Triisobutylaluminium (TiBA; 15 ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150mg Stadis® 450 (Stadis® 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500 g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 670 mg des in Beispiel 21.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse mit N_2 35 eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 1000 g Polypropylengries ohne Grobanteile erhalten 40 (Produktivität: 1500 g PP/g Katalysator).

Polymerdaten: $M_n = 237000\text{g/mol}$; $M_w = 720000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 3.04$; $T_m = 148.0^\circ\text{C}$

Beispiel 22

22.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators (Ende der Coträgerreihe, reines Metallocen B)

5

In einer inertisierten Schlenkfritte (Durchmesser: ca. 2 cm) wurden 7 g der in Beispiel 12 hergestellten Vorstufe (Porenvolumen: 1.15 ml/g) vorgelegt. In einem separaten Kolben wurden 88 mg (140 μmol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methyl-4-phenyl-1-

10 indenyl)zirkondichlorid in 30ml 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Nach 2-stündigem Nachröhren wurde die Lösung in die Schlenkfritte gegeben und die vorgelegte Vorstufe vorsichtig überschichtet.

Nach ca. 1 h wurde das abgelaufene Filtrat nochmals zurückgeführt 15 und der Inhalt der Fritte wurde kurz aufgerührt. Nach dem erneuten Ablaufen der Tränklösung wurde der zurückbleibende Trägerkatalysator 20 h lichtgeschützt stehengelassen. Danach wurde kurz mit N_2 abgepreßt. Die hierbei ablaufende, gefärbte Tränklösung wurde verworfen. Die Vorstufe war vollständig beladen (einheitliche Färbung des Trägerkatalysators).

20 Es wurde 4x mit je ca. 100 ml Pentan gewaschen. Anschließend wurde im N_2 -Strom (von oben) getrocknet. Die Ausbeute betrug 7.8 g Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 13.2 $\mu\text{mol/g} \Rightarrow$ Metallocen-Ausnutzung: 74%).

25 22.2: Polymerisation (10 l-Autoklav)

In einem trockenen, N_2 -gespülten 10 l-Autoklaven wurden 30 mmol Triisobutylaluminium (TiBA; 15 ml einer 2-molaren Lösung in Heptan) vorgelegt. Nach Zugabe von 150 mg Stadis® 450 (Stadis® 30 450 ist ein Produkt der Fa. DuPont) wurden 3500 g flüssiges Propen zudosiert. Anschließend wurden 740mg des in Beispiel 22.1 hergestellten Metallocen-Träger-Katalysators über eine Schleuse mit N_2 eingeschossen, der Autoklav auf 60°C aufgeheizt und die Polymerisation bei dieser Temperatur durchgeführt. Nach 90' 35 wurde die Polymerisation durch Ablassen des restlichen Propens abgebrochen und das Produkt durch ein Bodenventil abgelassen. Es wurden 610 g Polypropylenries ohne Grobanteile erhalten (Produktivität: 820 g PP/g Katalysator).

40 Polymerdaten: $M_n = 408000\text{g/mol}$; $M_w = 1178000\text{g/mol}$; $M_w/M_n = 2.89$; $T_m = 149.3^\circ\text{C}$

Beispiel 23: Chemische Trocknung von SiO_2 (Großmaßstab)

45 In einem trockenen, N_2 -gespülten 300 l Prozeßfilter wurden 20.1 kg sprühgetrocknetes Kieselgel (Mittlerer Teilchendurchmesser: 46 μm ; Spez. Oberfläche: 311 m^2 ; Porenvolumen: 1.56 ml/g; 8 h bei

45

130°C im Vakuum (30 mbar) ausgeheizt) vorgelegt und in 751 Toluol suspendiert. Anschließend wurden 124 kg 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) über 2 h so zudosiert, daß die Innentemperatur 35°C nicht überstieg. Nach 5 vollständiger Zugabe wurde bei RT über Nacht nachgerührt, wozu der Prozeßfilter um 180° gedreht wurde.

Am nächsten Tag wurden Lösungsmittel und unumgesetztes MAO unter N₂-Druck abfiltriert und der zurückbleibende Feststoff einmal mit 10 601 Toluol gewaschen. Anschließend wurde erneut abfiltriert und das chemisch getrocknete Kieselgel 16 h bei 35-40° Innentemperatur in einem N₂-Strom getrocknet.

Beispiel 24

15

24.1: Herstellung eines erfindungsgemäßen Metallocen-Trägerkatalysators

In einem trockenen, N₂-gespülten 300 l Rührbehälter wurden 0.98 kg 20 (1.7 mol) rac.-Dimethylsilylenbis(2-methylbenz[e]indenyl)zirkondichlorid vorgelegt und bei RT in 124 kg 1.53molarer (bez. auf Al) MAO-Lösung (Fa. Witco: 10w-% Methylaluminoxan in Toluol) gelöst. Zwei Drittel der so erhaltene Lösung wurden auf das im Prozeßfilter mit möglichst ebener Oberfläche vorgelegte, chemisch 25 getrocknete Kieselgel innerhalb von 3h aufgesprüht, wobei der Ablauf des Prozeßfilters geöffnet blieb. Das letzte Drittel der Tränklösung wurde nicht mehr aufgesprüht, sondern direkt von Oben zu der überstehenden Tränklösung dosiert, ohne den vorgelegten Träger aufzuwirbeln. Nach vollständiger Zugabe der Tränklösung 30 wurde der Ablauf geschlossen, der Inhalt 15' aufgerührt und dann über Nacht stehen gelassen. Am nächsten Tag wurde der Ablauf wieder geöffnet und die restliche Tränklösung zunächst drucklos, gegen Ende dann unter leichtem N₂-Druck, abfiltriert. Der zurückbleibende Feststoff wurde nach Aufsprühen von 60 l Pentan 1 h 35 gerührt. Nach dem Abfiltrieren wurde noch zweimal mit je 60 l Pentan gewaschen und der zurückbleibende Trägerkatalysator dann im N₂-Strom getrocknet (2h bei 35-40°C Innentemperatur und sehr langsamen Rühren). Die Ausbeute betrug 34.8 kg Metallocen-Trägerkatalysator (Zr-Gehalt: 36.2 µmol/g ⇒ Metallocen-Ausnutzung: 40 74%).

24.2: Polymerisation im kontinuierlichen Gasphasenverfahren

Der in Beispiel 24.1 hergestellte Metallocen-Trägerkatalysator 45 wurde für die kontinuierliche Propen-Homopolymerisation in einem vertikal durchmischten 800 l Gasphasenreaktor eingesetzt. Der Reaktor enthält ein Bett aus feinteiligem Polymerisat und wurde

46

bei einem konstanten Ausstoß von 100 kg/h betrieben. Der Reaktordruck betrug 24 bar und die Reaktortemperatur 63°C. Als Putzalkyl wurden 300 mmol Triisobutylaluminium pro Stunde zugefahren (1-molare Lösung in Heptan). Außerdem wurden 18.8 l H₂ pro Stunde zudosiert. Es wurde ein Polymergrünes mit einer Schütttdichte von 470 g/l, einer mittleren Partikelgröße von $d_{avg.} = 1.4$ mm und 5.7w-% Partikel mit einem Durchmesser $d > 2$ mm erhalten (Polymerdaten: $T_m: 147.7^\circ\text{C}$, $[\eta]: 1.36 \text{ dl/g}$, MFI: 33.5 g/10', $X_L: 0.5\text{w-}\%$). Die Katalysatorproduktivität betrug 5.7 kg PP/g Katalysator.

10

- Beispiel V 1 belegt, daß bei zu geringem Volumen der Tränklösung kein vollständig beladener Katalysator erhältlich ist.
- Beispiele V 2 und V 3 belegen, daß das in der WO 94/28034 beschriebene Verfahren nur bei niedriger Beladung verfahrenstaugliche Katalysatoren liefert.
- Beispiel V 4 belegt, daß bei Begrenzung des Tränklösungsvolumen auf das verfügbare Porenvolumen keine hohen Beladungen realisierbar sind und der erhaltene Trägerkatalysator zudem eine vglsw. geringe Produktivität besitzt.
- Beispiel 9 vs. V 6 belegt die bessere Wirtschaftlichkeit des neuen Verfahrens gegenüber dem in der EP 295312 und WO 98/01481 beschriebenen.
- Beispiel 7 belegt die Rezyklierbarkeit der gebrauchten Tränklösung
- Beispiele 10 und 11 belegen die unterschiedliche Beladung verschiedener Katalysatorpartikel und die Beeinflußbarkeit der Varianz der Beladungshöhenverteilung.
- Die Beispiele 13 - 16 belegen die universelle Anwendbarkeit des beschriebenen Verfahrens
- 30 • Die Beispiele 17 - 22 belegen die Eignung des beschriebenen Verfahrens für die Coträgerung unterschiedlicher Metallocene.

35

40

45

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallhaltigen Träger-
5 katalysators oder einer metallhaltigen Trägerkatalysator-
komponente durch Tränkung einer Trägersubstanz mit einer
Tränklösung, die die Metallkomponente enthält, dadurch
gekennzeichnet, daß die Tränklösung die Trägersubstanz
durchströmt.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die
Metallkomponente eine Übergangsmetallverbindung ist.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß
die Metallkomponente eine Organoübergangsmetallverbindung
ist.
- 20 4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeich-
net, daß die Metallkomponente eine Metallocenverbindung ist.
- 25 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeich-
net, daß die Trägersubstanz eine anorganische Verbindung ist.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeich-
25 net, daß das Volumen der Tränklösung größer als das dreifache
Porenvolumen der verwendeten Trägersubstanz ist.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeich-
30 net, daß die Trägersubstanz-Partikel während sie von der
Tränklösung durchströmt werden praktisch in Ruhe sind.
8. Metallhaltiger Trägerkatalysator, erhältlich nach einem
Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 7.
- 35 9. Metallhaltiger Trägerkatalysator mit einer asymmetrischen
Beladungshöhenverteilung, dadurch gekennzeichnet, daß die
Beladungshöhenverteilung eine Standardabweichung von
mindestens 1 % des 1. Moments der Verteilung aufweist, sowie
eine Schiefe s, die die Bedingung $s^2 \geq 0,0001$ erfüllt.
- 40 10. Metallhaltiger Trägerkatalysator mit einer asymmetrischen
Beladungshöhenverteilung, dadurch gekennzeichnet, daß die
Beladungshöhenverteilung eine Standardabweichung von minde-
stens 1 % des 1. Moments der Verteilung aufweist, sowie eine
45 Schiefe s, die die Bedingung $s \geq +0.01$ erfüllt.

48

11. Metallhaltiger Trägerkatalysator nach den Ansprüchen 9 bis 10, erhältlich nach einem Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 7.
- 5 12. Verfahren zur Herstellung von Polymeren, welchen Monomeren mit C-C-Doppelbindung und/oder C-C-Dreifachbindung zugrunde liegen, durch Polymerisation dieser Monomeren in Gegenwart eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer metallhaltigen Trägerkatalysatorkomponente, die erhältlich sind 10 nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 7.
13. Verwendung eines metallhaltigen Trägerkatalysators oder einer metallhaltigen Trägerkatalysatorkomponente, die erhältlich sind nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 7 zur 15 Knüpfung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Kovalenzbindungen oder Kohlenstoff-Heteroatom-Kovalenzbindungen.

20

25.

30

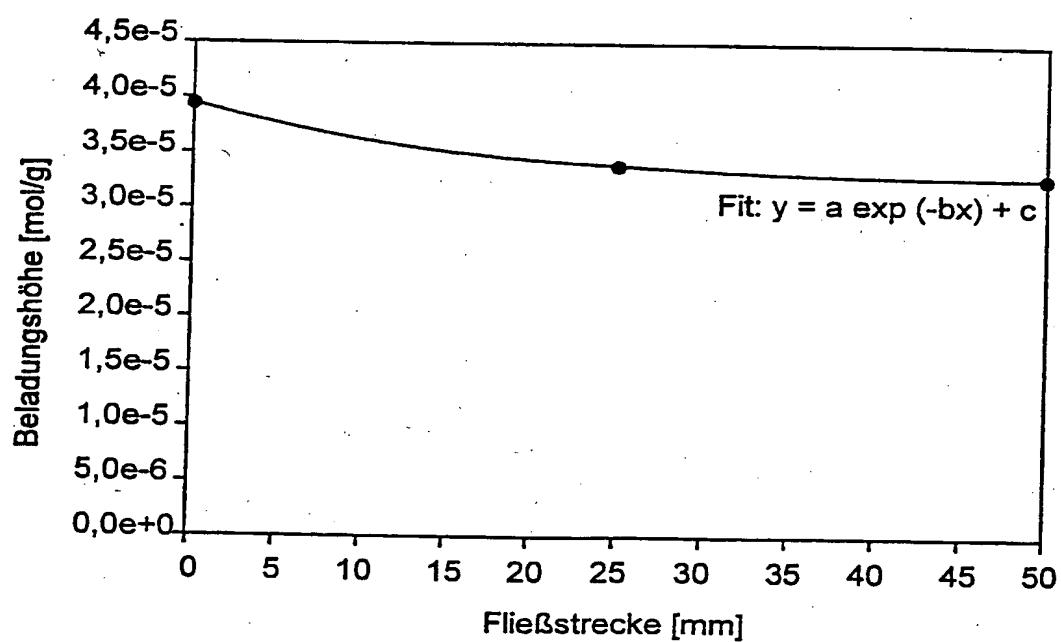
35

40

45

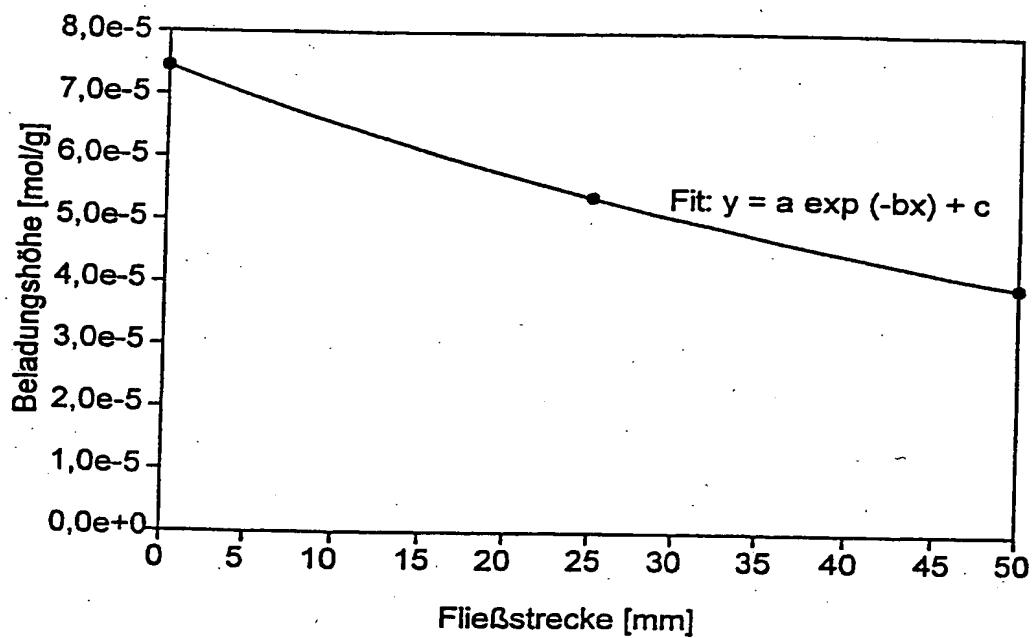
1/2

FIG.1



2/2

FIG.2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No
PCT/EP 99/04906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C08F4/02 C08F10/00 B01J37/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C08F B01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 96 16093 A (EXXON CHEMICAL PATENTS INC ;HOECHST AG (DE)) 30 May 1996 (1996-05-30) page 1, line 34 -page 2, line 7 page 3, line 11 - line 17 page 6, line 12 -page 7, line 25 page 9, line 11 - line 21 example 3	1-8, 11-13
X	US 4 292 205 A (BOWES EMMERSON) 29 September 1981 (1981-09-29) claims 1,5,6,8 example 1	1,5,8
X	US 4 072 630 A (DOUGLAS WALTER M) 7 February 1978 (1978-02-07) example III	1,2,5,7
		-/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 1 December 1999		Date of mailing of the International search report 10/12/1999
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018		Authorized officer Fischer, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No
PCT/EP 99/04906

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 773 064 A (NESTE OY) 14 May 1997 (1997-05-14) example 2 -----	1,2,5,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 99/04906

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9616093	A 30-05-1996	CN 1168680 A DE 69512533 D EP 0793678 A JP 10509762 T US 5625015 A US 5665665 A		24-12-1997 04-11-1999 10-09-1997 22-09-1998 29-04-1997 09-09-1997
US 4292205	A 29-09-1981	NONE		
US 4072630	A 07-02-1978	NONE		
EP 0773064	A 14-05-1997	FI 98603 B JP 9262477 A		15-04-1997 07-10-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04906

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 C08F4/02 C08F10/00 B01J37/02			
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK			
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 C08F B01J			
Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen			
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)			
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	
X	WO 96 16093 A (EXXON CHEMICAL PATENTS INC ;HOECHST AG (DE)) 30. Mai 1996 (1996-05-30) Seite 1, Zeile 34 -Seite 2, Zeile 7 Seite 3, Zeile 11 - Zeile 17 Seite 6, Zeile 12 -Seite 7, Zeile 25 Seite 9, Zeile 11 - Zeile 21 Beispiel 3	1-8, 11-13	
X	US 4 292 205 A (BOWES EMMERSON) 29. September 1981 (1981-09-29) Ansprüche 1,5,6,8 Beispiel 1	1,5,8	
X	US 4 072 630 A (DOUGLAS WALTER M) 7. Februar 1978 (1978-02-07) Beispiel III	1,2,5,7	
		-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
<ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 		<ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist 	
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche 1. Dezember 1999		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 10/12/1999	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Fischer, B	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHTInternationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04906

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 773 064 A (NESTE OY) 14. Mai 1997 (1997-05-14) Beispiel 2 -----	1,2,5,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/04906

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9616093 A	30-05-1996	CN 1168680 A DE 69512533 D EP 0793678 A JP 10509762 T US 5625015 A US 5665665 A	24-12-1997 04-11-1999 10-09-1997 22-09-1998 29-04-1997 09-09-1997
US 4292205 A	29-09-1981	KEINE	
US 4072630 A	07-02-1978	KEINE	
EP 0773064 A	14-05-1997	FI 98603 B JP 9262477 A	15-04-1997 07-10-1997